

JATKUVASATOISTEN MANSIKOIDEN LANNOITUS RAJOITETUSSA KASVUALUSTASSA

Tanja Vennelä, huhtikuu 2011

Tanja Vennelä
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kasvintuotannon biologia
Puutarhatiede
Huhtikuu 2011

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Tanja Vennelä			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Jatkuvasatoisten mansikoiden lannoitus rajoitetussa kasvualustassa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvintuotannon biologia, puutarhatiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year Huhtikuu 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 62	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Mansikka (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.) on tärkein Suomessa viljelty marja sekä määrällisesti että taloudellisesti. Suomessa ongelmana on lyhyt satokausi ja matala satotaso. Pääsadan aikaan runsas mansikan tarjonta markkinoilla laskee huomattavasti mansikan hintaa. Paras hinta saadaan normaalin satokauden ulkopuolella. Jatkuvasatoiset mansikkalajikkeet mahdollistaisivat pidemmän ja tasaisen satokauden, mikä vakauttaisi mansikan hintaa.</p> <p>Jatkuvasatoinen mansikka sopii viljelyyn kausihuoneissa korotetuilla kasvualustoilla, jolloin lannoitus ja kastelu hoidetaan tippukastelulla. Jatkuvasatoinen mansikka tuottaa kukkia ja marjoja koko satokauden, mikä vaikuttaa sen ravinnetarpeeseen.</p> <p>Tehdyssä tutkimuksessa testattiin kolmea eri lannoitustasoa 1,5 mS/cm, 2,3mS/cm ja 3,0 mS/cm, joiden N:K –suhde marjojen kypsymisvaiheessa oli 1:1,5. Neljäs käsittely oli kastelu johtokyvyllä 2,3 mS/cm N:K –suhteen ollessa 1:2 marjojen kypsyessä. Tutkimuksessa havainnointiin taimien vegetatiivista kasvua sekä sadon muodostusta ja marjojen laatua. Samalla seurattiin ylivaluntaveden määrää sekä veden mukana huuhtoutunutta fosforia ja typpeä. Tutkimuksessa käytetyt lajikkeet olivat 'Malling Opal' ja 'Rondo'.</p> <p>Tämän tutkimuksen tulokset tukevat aikaisempia tutkimuksia, että mansikan ravinnetarve on suhteellisen matala. Voimakkain vegetatiivinen kasvu, suurin sato ja suurimmat marjat saatiin alimmalla testatulla johtokyvyllä (1,5 mS/cm). Lannoitustasolla oli hyvin vähän vaikutusta marjan laatuun tai sadon ajoittumiseen. Myöskään N:K –suhteen muutoksella ei ollut vaikutusta marjan laatuun.</p> <p>Taimien veden otto oli suurinta alimmalla lannoitustasolla, ja mahdollisesti kasteluveden korkea ionipitoisuus vaikeutti kasvin veden ottoa korkeilla veden johtokyvyillä. Valumaveden mukana poistuneet typpi- ja fosforipäästöt kasvoivat huomattavasti kasteluveden johtokyvyn noustessa.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Mansikka, jatkuvasatoisuus, lannoitus			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Tutkielman ohjaajat: FT Saila Karhu ja dosentti Pauliina Palonen			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Faculty of Agriculture and Forestry		Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Tanja Vennelä			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Fertilization of everbearing strawberries grown in substrate culture			
Oppiaine — Läroämne — Subject Plant Production Science, Horticulture			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's Thesis	Aika — Datum — Month and year April 2011	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 62	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Strawberry (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.) is both quantitative and economically most important cultivated berry in Finland. The problem in Finland is low crop yield and short harvest season. During the main season the high supply lower radically the price. The price is highest before and after the main season. Production with everbearing strawberries would give long and even harvest season with more stable price.</p> <p>Everbearing strawberries suit well for table-top production in polythene tunnels with drip irrigation and fertilization. Everbearing strawberries produce flowers and berries during the whole season which affects the nutrient demand.</p> <p>Three different electrical conductivities in the nutrient solution, 1,5 mS/cm, 2,3mS/cm and 3,0 mS/cm, with N:K –ratio 1:1,5 during the ripening, was investigated. The fourth electrical conductivity was 2,3 mS/cm with N:K –ratio 1:2 during the ripening. The vegetative growth, crop yield and quality was evaluated. The amount of drainage water was measures and the amounts of leached nitrogen and phosphorus was analysed. The varieties in the study were ‘Malling Opal’ and ‘Rondo’.</p> <p>Like in previous studies the nutrient demand of strawberry is relatively low. Strongest vegetative growth, highest yield and largest berries was observed with the lowest (1,5 mS/cm) nutrient level. The nutrient level had very little effect on the fruit quality or starting time of the harvest season. The change in the N:K -ratio during ripening did not affect the fruit quality.</p> <p>The uptake of water was highest in the nutrient solution with lowest electrical conductivity. The problem with the water uptake with high electrical conductivity was probably caused by the high ion content in the nutrient solution. The amounts of nitrogen and phosphorus increased significantly in the leaching water with increasing electrical conductivity in the nutrient slution.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Strawberry, everbearing, fertilization			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Ph.D. Saila Karhu and Docent Pauliina Palonen			

1 JOHDANTO	5
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	7
2.1 Mansikan ravinnetarve	7
2.2 Lehtien mineraalipitoisuudet ja SPAD	10
2.3 Marjanlaatu	11
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	13
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	14
4.1 Koejärjestelyt, kasvit ja lannoitekäsitelyt	14
4.2 Kasvinsuojelu	17
4.3 Havainnot ja mittaukset	17
4.3.1. Kasvuolosuhteet	17
4.3.2 Kasvu-, kukka- ja satohavainnot	18
4.3.3 Marjojen laatumittaukset	20
4.3.4 Näytetaimien havainnot	21
4.3.5 Tulosten tilastollinen analyysi	22
5 TULOKSET	23
5.1 Kasvuolosuhteet	23
5.2 Kasvu	26
5.3 Lehtien mineraalipitoisuudet	29
5.4 Sato	30
5.5 Marjanlaatu	33
5.5.1 Sokeri- ja happopitoisuus	33
5.5.2 Marjan mehun väri	36
5.5.3 Marjan kiinteys	38
5.6 Veden otto ja ravinnepäästöt	38
6 TULOSTEN TARKASTELU	40
6.1 Kasvu	40
6.2 Lehtien mineraalipitoisuudet	42
6.3 Sato	44
6.4 Marjanlaatu	47
6.4.1 Sokeri- ja happopitoisuus	47
6.4.2 Marjan mehun väri	50
6.4.3 Marjan kiinteys	50
6.5 Veden otto ja ravinnepäästöt	51
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	53
8 LÄHDELUETTELO	54
9 LIITTEET	60

1 JOHDANTO

Mansikka (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) on Suomen tärkein viljelty marja sekä määrällisesti että taloudellisesti. Mansikan avomaantuotannon pinta-ala Suomessa vuonna 2009 oli 3 270 hehtaaria ja satoa saatiin 11,6 miljoona kiloa (Puutarhatilastot 2009). Marjojen kasvihuonetuotannon pinta-ala vuonna 2009 oli 38 700 m². Suurin osa tästä alasta oli todennäköisesti mansikkaa.

Suomessa mansikan tuotannossa on lyhyt satokausi ja alhainen satotaso. Pääsatokauden aikaan runsas tarjonta laskee hintoja. Paras mansikan hinta saadaan normaalin satokauden ulkopuolella. Suurin osa tuotannossa olevista mansikkalajikkeista on lyhyenpäivän lajikkeita, joilla on keskikesään ajoittuva lyhyt satokausi. Jatkuvasatoiset lajikkeet mahdollistaisivat pidemmän satokauden ja siten paremman kannattavuuden. Jos taimituotanto saadaan tehokkaaksi, voitaisiin Suomessa viljellä jatkuvasatoisia mansikoita yksivuotisesti korotetuilla alustoilla kausihuoneessa.

Tämä tutkimus liittyi osana Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen hankkeeseen ”MANSIKKAREMOTTI – mansikantuotannon kannattavuuden lisääminen jatkuvasatoisten lajikkeiden avulla” (Karhu ym. 2010). Hankkeen tavoitteena oli parantaa kotimaisen mansikantuotannon kannattavuutta pidentämällä satokautta ja nostamalla satotasoa jatkuvasatoisilla lajikkeilla. Tämä tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää tarpeelliset lannoituksen ravinnetasot jatkuvasatoisille lajikkeille. Tuloksia hyödynnettäisiin laadittaessa jatkuvasatoisten lajikkeiden viljelyohjeistusta.

Jatkuvasatoisia mansikkalajikkeita kasvatetaan yleensä rajoitetuilla kasvualustoilla kuten säkeissä. Ravinneaineet annetaan kasteluveden mukana joka kastelukerralla. Käytettyä lannoitustasoa kuvataan johtokyvyllä, joka kertoo veden ionipitoisuuden. Johtokyvyn yksikkö on mS/cm. Kasviravinteet ovat vedessä yleensä ionimuodossa, joten johtokykyyn vaikuttaa sekä ionien määrä että sähkövaraus. Liian alhaisella johtokyvyllä kasteluvedessä on liian vähän ravinteita, mikä rajoittaa kasvua. Liian korkea johtokyky vaikeuttaa kasvin osmoosiin perustuvaa vedenottoa. Lieten (2003a) suosittelee lyhyenpäivän mansikkalajikkeilla käytettäväksi tasaista kasteluveden johtokykyä 1,4 mS/cm ja jatkuvasatoisilla hieman matalampaa 1,2 mS/cm johtokykyä.

Mansikan lannoituksesta on tehty suhteellisen paljon aikaisempaa tutkimusta. Suuri osa tutkimuksista selvittää tietyn ravinneaineen vaikutusta sadon määrään ja taimien kasvuun. Myös lannoituksen vaikutusta marjan fyysiseen laatuun (lujuuteen ja

väriin) sekä kemialliseen koostumukseen on tutkittu. Erityisesti marjan sisältämät vitamiinit ja antioksidantit ovat olleet tutkimuksen kohteena. Tutkimuksia lannoitustasoista on tehty hyvin vähän. Aikaisemmat lannoitustutkimukset eivät juuri ota huomioon onko tutkimuksen kohteena ollut lyhyenpäivän vai jatkuvasatoinen lajike. Tutkimuksissa olleista lajikkeista päätellen tutkimuksen kohteena on ainakin Euroopassa ollut pääasiassa lyhyenpäivän lajikkeita. Suomessa mansikan lannoitusta on tutkittu lähinnä avomaan tippukastelukokeessa lyhyenpäivän lajikkeilla (Hoppula ym. 2004).

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Mansikan ravinnetarve

Tieto mansikan ravinnetarpeesta ja sen jakautumisesta kasvukaudelle auttaa optimoimaan lannoitusta (Tagliavini ym. 2005). Oikealla lannoituksella saadaan tällöin suuri ja laadukas sato mahdollisimman pienellä lannoitustasolla. Lannoittamalla juuri tarpeellinen määrä vähennetään ravinnepäästöjen aiheuttamaa ympäristökuormitusta sekä minimoidaan lannoituksesta aiheutuneita taloudellisia kuluja. Erityisesti mansikan tunneliviljelyssä usein käytetty rajoitettu kasvualusta (säkki) yhdistettynä moderniin lannoituksen ja kastelun säätöjärjestelmään mahdollistaa tarkan lannoitekastelun.

Mansikan ravinnetarvetta on selvitetty analysoimalla mansikantaimen eri kasvinosien mineraalipitoisuuksia ja tutkimalla radioaktiivisten isotooppien liikkeitä kasvissa. Tagliavini ym. (2004, 2005) havaitsivat mansikantaimen ottamien ravinteiden määrän seuraavan kasvin kuivapainon kehitystä. Lietenin ja Misottenin (1993) tutkimuksessa ravinteiden otto seurasi kasvin veden ottoa. Näiden tutkimusten mukaan taimen ravinteiden otto oli suurinta voimakkaan kasvun, kukinnan ja raakileiden kehityksen aikaan. Marjojen kypsymisen aikaan ja satokauden jälkeen ravinteiden otto oli vähäisempää. Tämän perusteella jatkuvasatoisten mansikantaimien, jotka kehittävät koko satokauden ajan kukkia ja raakileita, ravinnetarve jakautuu tasaisemmin koko kasvukaudelle verrattuna lyhyenpäivän lajikkeisiin.

Ravinneaineista mansikka ottaa eniten kaliumia (K). Kalium vaikuttaa kasvin vesitalouteen säätelemällä solujen osmoottista potentiaalia ja ilmarakojen toimintaa (Marschner 1986). Vaikuttamalla osmoottiseen potentiaaliin kalium vaikuttaa myös kuivuuden- ja kylmänkestävyyteen. Kalium on mukana entsyymitoiminnassa, fotosynteesissä sekä sokerin ja nitraatin kuljetuksessa. Kalium liikkuu hyvin kasvissa ja suurin osa kaliumista, 60-70 % päättyy mansikan marjaan (Lieten ja Misotten 1993, Tagliavini ym. 2005). Mansikka ottaa eniten kaliumia kukinnan alun ja kypsymisen alkamisen välillä. Kypsymisen aikana marja on ainoa kaliumin kohde taimessa ja syksyllä kaliumin otto on hyvin vähäistä.

Toiseksi eniten mansikka ottaa typpeä (N). Typpeä tarvitaan aminohapoissa, amideissa, proteiineissa ja nukleiinihapoissa (Marschner 1986). Typellä on suuri vaikutus mansikan vegetatiiviseen kasvuun ja satoon (Taghavi ja Babalar 2007). Mansikkaa pidetään kasvina, joka vaatii vain vähän typpeä. Liika typpilannoitus voi

alentaa satoa ja altistaa kasvitaudeille. Typen suhteen mansikka on luksusottaja eli lisätypen anto yli mansikan tarpeen lisää mansikan typen ottoa lisäämättä kasvua tai satoa (Tagliavini ym. 2004). Typpi liikkuu hyvin kasvissa ja mansikka käyttää talven yli juuriin ja juurakkoon varastoituneen typen kevään kasvuun (Tagliavini ym. 2005, Acuña-Maldonado 2008). Puolet juurien ottamasta typestä päätyy marjaan ja noin 20-30 % lehtiin. Typen otto on suurinta ennen kukintaa (Lieten ja Misotten 1993).

Kolmanneksi eniten mansikka ottaa kalsiumia (Ca). Kalsiumia tarvitaan solun jakautumisessa ja laajenemisessa (Marschner 1986). Se säätelee soluseinämän läpäisevyyttä, lujuutta ja ylläpitää anioni-kationi tasapainoa sekä osmoottista potentiaalia solussa. Kalsium liikkuu huonosti kasvissa, mistä todennäköisesti johtuvat ristiriitaiset tulokset kalsiumin vaikutuksesta mansikan marjan kiinteyteen (Dunn ja Able 2006). Kalsiumin puute voi aiheuttaa kärkivioituksia mansikan lehtiin sekä lisätä mansikan pinnassa olevien kovien pähkylöiden määrää (Dunn ja Able 2006, Lieten 2006). Suurin osa, noin 40 %, kalsiumista päätyy lehtiin ja vain pieni osa marjaan (Lieten ja Misotten 1993, Tagliavini ym. 2005). Eniten mansikka ottaa kalsiumia kasvun ja kukinnan aikana.

Fosforin (P) otto on huomattavasti vähäisempää kuin edellä mainittujen ravinneaineiden. Fosforilla on tärkeä tehtävä kasvin energia-aineenvaihdunnassa muodostaessaan energiarikkaan sidoksen ATP:ssä (Marschner 1986). Fosfori vaikuttaa myös entsyymitoiminnan säätelyssä sekä toimii rakenneosana nukleiinihapoissa. Fosfori liikkuu hyvin kasvissa ja noin puolet fosforista päätyy marjaan ja 20 % lehtiin. Fosforin otto on suurinta ennen kukintaa (Lieten ja Misotten 1993, Tagliavini 2005).

Pääravinteista mansikka ottaa vähiten magnesiumia (Mg). Magnesiumilla on keskeinen asema klorofyllissä (Marschner 1986). Alhaisen magnesiumlannoituksen on huomattu alentavan lehtien klorofyllipitoisuutta (Choi ja Latigui 2008). Magnesium toimii myös proteiinisynteesissä, solujen pH:n säädössä ja entsyymiaktivaatiossa. Juuret ottavat eniten magnesiumia vegetatiivisen kasvun ja kukinnan aikaan. Suurin osa, 30-40 %, magnesiumista päätyy lehtiin ja hieman vähemmän marjaan (Lieten ja Misotten 1993, Tagliavini ym. 2005).

Mikroravinteista mansikka ottaa eniten rautaa (Fe). Rautaa tarvitaan kasvin mitokondrioiden ja kloroplastien entsyymitoiminnassa (Marschner 1986). Rauta toimii myös elektronien kuljetuksessa fotosynteesin hapetus-pelkistysreaktiossa, nitriitin ja sulfaatin pelkistyksessä sekä typpiassimilaatiossa. Raudan puute näkyy lehtien kellastumisena lehtisuonten välissä ja uudet lehdet voivat olla kokonaan värättömiä. Raudan puute vähentää myös marjojen muodostumista (Lieten 2000). Rauta on kasvissa

huonosti liikkuva ravinne. Jopa 85 % raudasta jää maanalaisiin osiin ja vain noin 8 % päätyy marjaan (Lieten ja Misotten 1993). Korkea pH ja mangaanipitoisuus juuristoalueella vaikeuttavat juurien raudan ottoa. Eniten mansikka ottaa rautaa aikaisessa kasvuvaiheessa.

Toiseksi tärkein mikroravinne on mangaani (Mn), jonka tarve on noin neljäsosa raudan tarpeesta (Lieten ja Misotten 1993). Mangaanilla on rooli useissa entsyymiaktivaatioissa ja sitä tarvitaan fotosynteesin II reaktiossa (Marschner 1986). Mangaanin puute aiheuttaa lehtiin vaalean vihreän – keltaisen värin lehtisuonten säilyessä vihreänä. Mangaanilannoitus ei juuri vaikuta sadon määrään tai kasvuun (Lieten 2004). Mangaani on kasvilla huonosti liikkuva ravinne. Puolet juurten ottamasta mangaanista päätyy lehtiin. Kasvualustan korkea pH ja rautapitoisuus vaikeuttavat mansikan mangaanin ottoa. Mangaania mansikka ottaa tasaisesti koko kasvukauden ajan.

Seuraavaksi eniten mansikka ottaa booria (B). Booria tarvitaan RNA-synteesissä sekä solujen kasvussa ja jakautumisessa (Marschner 1986). Boorilla on tärkeä rooli generatiivisessa kasvussa ja sen puute ilmenee heikkona kukkien ja marjojen kehityksenä. Boori liikkuu kasvilla melko huonosti, mutta alhaisella boorilannoituksella mansikka kykenee remobilisoimaan juureen varastoituneen boorin kasvuunsa (Garate ym. 1991). Yli puolet boorista päätyy lehtiin ja vain vähän jää juuriin (Lieten ja Misotten 1993). Boorin otto on suurinta kukinnasta kypsymiseen.

Sinkkiä (Zn) kasvi tarvitsee entsyymitoiminnassa, entsyymien rakenneosana ja entsyymiaktivaatioissa (Marschner 1986). Sinkki vaikuttaa proteiinisynteesiin ja auksiinin määrään kasvilla. Sinkin puute vähentää auksiinipitoisuutta ja siten aiheuttaa kääpiökasvuisuutta ja pienilehtisyyttä. Sinkkiä on paljon siitepölyssä ja sinkin puute heikentää siitepölyn itävyyttä. Lieten (1997, 2003b) havaitsi sinkin puutteen aiheuttavan myös sadon pienenemistä, pieniä kukkia ja epämuodostuneita marjoja. Sinkki jakautuu kasvilla melko tasaisesti ja sinkin tarve on tasaista koko kasvukauden ajan (Lieten ja Misotten 1993). Kasvualustan runsas sinkkipitoisuus vähentää juurien raudan ottoa (Lieten 2003b).

Kuparin (Cu) otto on vähäistä. Kupari liikkuu kasvilla huonosti ja suurin osa, 75 %, jää juuriin ja juurakkoon (Lieten ja Misotten 1993). Kuparin otto on suurinta raakilevaiheesta sadonkorjuuseen.

2.2 Lehtien mineraalipitoisuudet ja SPAD

Analysoimalla mansikan mineraalilehtien pitoisuuksia on pyritty löytämään optimaalinen lannoitustaso (Almalotis ym 2002, Daugaard 2007). Daugaard (2007) huomasi, että lehtien mineraalipitoisuus on osittain lajikeominaisuus. Lietenin ja Misottenin (1993) mukaan vaihtelua pitoisuuksissa aiheuttaa myös taimen fysiologinen kasvuvaihe.

Daugaardin (2007) mukaan kukinnan alussa mansikan lehdistä tehdyn typpipitoisuusanalyysin perusteella voidaan tehdä tarpeellisia muutoksia kyseisen kasvukauden lannoitukseen. Daugaard (2007) mainitsee, että liian myöhään tehdyt lehtianalyysit vähentävät lannoituksen korjauksen vaikutusta. Taulukossa 1 on esitetty Almalotisen ym. (2002), Daugaardin (2007) ja Kanadan Atlantic Provinces Agricultural Services Coordinating Committee:n (2000) julkaisemia mansikan lehden mineraalipitoisuussuosituksia.

TAULUKKO 1. Mansikan lehtien mineraalipitoisuuksien suosituksia eri lähteiden mukaan (Almalotis ym. 2002, APASCC 2000, Daugaard 2007). Pitoisuudet on esitetty suhteessa mansikan lehden kuivapainoon.

Mineraali	Daugaard (2007)	Almalotis ym. (2002)	APASCC (2000)
N (%)	2,8-3,2	2,1-3,0	1,8-3,0
P (g/kg)	2,5-4,0	2,0-3,8	2,0-3,0
K (g/kg)	15,0-22,0	18,4-22,1	12,0-20,0
Ca (g/kg)	9,0-13,0	7,7-14,8	5,0-10,0
Mg (g/kg)	2,5-5,0	2,5-7,0	2,5-3,5
Mn (mg/kg)		45-121	50-200
Fe (mg/kg)		58-114	60-250
Zn (mg/kg)		15-33	20-50
Cu (mg/kg)		3-22	6-20

Lehtien klorofyllipitoisuutta voidaan mitata SPAD mittalaitteella. Kasvin sisältämän typpipitoisuuden on huomattu korreloivan hyvin klorofyllipitoisuuden kanssa (Martin ym. 2006). Güler ym. (2006a ja 2006b) huomasivat myös mansikan lehdillä merkittävän korrelaation klorofyllipitoisuuden ja typpipitoisuuden välillä, minkä takia SPAD-arvoa voidaan käyttää arvioitaessa lehden typpipitoisuutta. Eri lajikkeiden todellinen typpipitoisuus voidaan laskea SPAD-arvosta lajikkeen regressio yhtälön määrittämisen jälkeen.

2.3 Marjanlaatu

Marjan makuun vaikuttavat eniten marjan sisältäminen sokerien ja haihtuvien yhdisteiden määrä sekä vähemmissä määrin myös happopitoisuus (Alavoine ja Crochon 1989, Azodanlou ym. 2003, Carlen ja Ancay 2003, Jouquand ym. 2008). Sokerien määrä kasvaa ja happojen vähenee kypsymisen edetessä. Sokereista mansikka sisältää eniten fruktoosia, glukoosia ja sakkaroosia, sekä hapoista eniten sitruunahappoa ja toiseksi eniten omenahappoa (Kallio ym. 2000, Fernandes ym. 2006).

°Brix-arvo kuvaa liukoista kuiva-ainepitoisuutta, joka mansikalla koostuu suurelta osin sokerista ja siten korreloi hyvin marjan kokonaissokeripitoisuuden kanssa (Kallio et al. 2000). °Brix-arvolle ei ole asetettu optimaalista arvoa, koska makutesteissä on havaittu parhaimman makuisten marjojen °Brix-arvon vaihtelevan lajikkeen, vuoden ja kauden ajankohdan mukaan (Alavoine ja Crochon 1989, Azodanlou ym. 2004, Carlen ja Ancay 2003).

Mansikan sisältämät antosyaanit saavat aikaiseksi kypsän mansikan punaisen värin (Hernanz ym. 2008). Antosyaanien terveydelliset vaikutukset tekevät niiden pitoisuuden marjoissa mielenkiintoiseksi. Antosyaaneista mansikka sisältää selvästi eniten (78-92 %) pelargonidiini-3-glukosidia ja kaksi muuta merkittävää antosyaania ovat syanidi-3-glukosidi sekä pelargonidiini-3-rutinosidi (Gill ym. 1997, Skupień ja Oszmiański 2004, Hernanz ym. 2008).

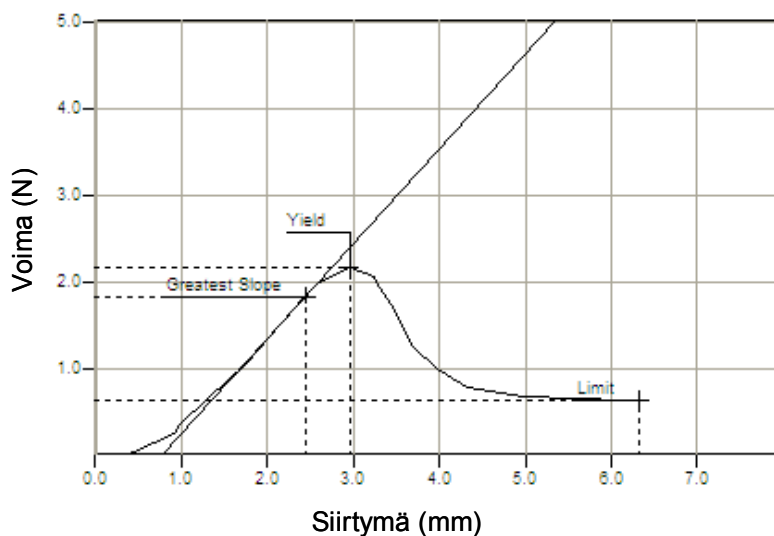
Väri voidaan mitata ja ilmaista L^* , a^* ja b^* -arvoilla (Commission Internationale de l'Eclairage 1978). $L^*a^*b^*$ värimaailmassa L^* arvo ilmaisee värin vaaleutta ja arvot vaihtelevat välillä 0 (musta) ja 100 (valkoinen). Koordinaatistossa a^* -akselin arvot vaihtelevat negatiivisesta vihreästä a^* -arvosta positiiviseen punaiseen a^* -arvoon. Koordinaatistossa b^* -akseli on kohtisuorassa a^* -akselia kohti ja b^* -arvot vaihtelevat negatiivisesta sinisestä väristä positiiviseen keltaiseen väriin. a^* ja b^* ovat vektorisuureita, joista voidaan laskea värisävy (H) kaavalla $H = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ ja värikylläisyys $C = (a^{*2} + b^{*2})^{-2}$. Värisävy ilmoittaa mitatun värin kulman asteina 360° väriympyrässä, jossa värisävy 0° on punainen, 90° on keltainen, 180° vihreä ja 270° sininen. Värikylläisyys ilmoittaa värisävyn kirkkauden tai intensiteetin, joka on sitä kirkkaampi mitä suurempi C-arvo on, eli mitä suurempi etäisyys mitatulla C-arvolla on a^*b^* -koordinaatiston nollapistestä.

Nunes ym. (1995) mainitsivat mansikan värin a^* -arvon korreloivan hyvin mansikan antosyaanipitoisuuden kanssa. Hernanzin ym. (2008) tutkimuksessa marjan väri mitattiin marjan pinnalta sekä leikkauspinnasta marjan sisältä ja myös tässä

kokeessa marjan pinnan a^* -arvo korreloi pelargonidiini-3-rutinosidi -pitoisuuden kanssa sekä marjan sisäinen L-arvo pelargonidiini-3-glukosidin kanssa. Toisaalta Skupieńin ja Oszmiańskin (2004) kokeessa tällaista korrelaatiota ei havaittu mansikkapyreen värin a^* -arvon ja kokonaisantosyaanipitoisuuden kanssa, ja a^* -arvo korreloi käänteisesti pelargonidiini-3-glukosidi -pitoisuuden kanssa. Samassa kokeessa havaittiin myös käänteinen korrelaatio värisävyn ja kokonaisantosyaanipitoisuuden välillä. Myöskään Gill ym. (1997) ja Ngo ym. (2007) eivät havainneet yhteyttä marjan antosyaanipitoisuuden ja marjan värin välillä.

Hernanz ym. (2008) vertasivat suljetun ja avoimen kastelusysteemin vaikutuksia rajoitetulla kasvualustalla kasvaviin mansikoihin. He havaitsivat eroja mansikan pinnan värissä näiden kahden kastelusysteemin välillä, mutta eroja ei tullut näkyviin mansikan hedelmän lihan värissä. Todennäköisesti suljettuun kastelusysteemiin kerääntyi tiettyjä ioneja, mutta ikävä kyllä vesien pitoisuuksia ei lähemmin analysoitu, joten tuloksista ei voi päätellä mistä erot mansikoiden värissä johtuivat.

Marjan kiinteys ilmaisee miten hyvin marja kestää käsittelyä ja kuljetusta (Hietaranta ja Linna 1999). Mansikan pinnan sitkeys ja hedelmälihan kiinteys vaikuttavat marjan säilyvyyteen ja myyntiaikaan. Lajikkeiden välillä on suurta vaihtelua kiinteydessä (Azodanlou ym. 2004, Hietaranta ja Linna 1999, Nunes ym. 1995). Azodanloun ym. (2004) mukaan marjan kypsyysaste vaikuttaa myös paljon marjan kiinteyteen. Hietarannan ja Linnan (1999) mukaan penetrometrillä mitattaessa marjan kiinteyttä kuvaa parhaiten maksimivoima, joka on voima-deformaatiokäyrän huippukohta (Kuva 1).



KUVA 1. Tyypillinen mansikan kiinteyttä kuvaava voima-deformaatio –käyrä.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää kausihuoneissa rajoitetussa kasvualustassa kasvaville jatkuvasatoisille mansikkalajikkeille sopiva lannoitustaso Suomen olosuhteissa.

Tutkimuksen hypoteesit olivat:

- Lannoitustaso vaikuttaa vegetatiiviseen kasvuun, sadon määrään ja ajoittumiseen sekä marjanlaatuun (lujuuteen, väriin, sokeri- ja happopitoisuuteen)
- N:K suhde 1:2 kypsymisvaiheessa parantaa marjanlaatua lisäämällä marjan lujuutta, sokeripitoisuutta ja happojen määrää verrattuna N:K suhteeseen 1:1,5
- N:K suhde 1:2 ei vaikuta vegetatiiviseen kasvuun ja sadon määrään verrattuna N:K suhteeseen 1:1,5
- Kasvualustan johtokyky vakiintuu samaksi tai korkeintaan yhden yksikön (1 mS/cm) korkeammaksi kuin kasteluveden johtokyky

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Koejärjestelyt, kasvit ja lannoitekäsittelyt

Koe tehtiin kesällä 2008 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen puutarhatuotannon Piikkiön toimipisteessä (60°23'N, 22°33'E). Tutkimuksessa käytetyt kaksi jatkuvasatoista mansikkalajiketta olivat englantilainen 'Malling Opal' ja norjalainen 'Rondo'. Lajikkeet puhdistettiin taimi- ja maalevintäisistä sienitaudeista mikrolisäyksen avulla. Mikrolisäyksellä tuotetuista taimista otettiin rönsypistokkaita, jotka juurrutettiin kasvihuoneessa maaliskuun lopulla. Taimet istutettiin turvesäkkeihin toukokuun 21. päivänä lämmittämättömään muovipeitteiseen kausihuoneeseen. Kasvualustana oli lannoittamaton ja peruskalkittu Kekkilän vihanneslevy 375 (Kekkilä, Vantaa, Suomi). Levyn koko oli 60 cm x 20 cm x 13 cm, pH 5,6 ja johtokyky 0,4 mS/cm. Ennen kokeen alkua kaikki taimet saivat lannoitusvettä johtokyvyllä 1,5 mS/cm.

Tutkimuksessa oli neljä eri käsittelyä. Käsittelyt olivat taimien kastelu lannoitusveden johtokyvyillä 1,5 mS/cm, 2,3 mS/cm ja 3,0 mS/cm ja näissä käsittelyissä N:K suhde marjojen kypsymisvaiheessa oli 1:1,5. Neljäs käsittely oli kastelu johtokyvyllä 2,3 mS/cm ja tässä käsittelyssä N:K suhde oli 1:2 marjojen kypsymisvaiheessa (käsittely 2,3 mS/cm K).

Lannoituskoe järjestettiin kahdessa osassa. Toisessa osassa taimia seurattiin koko kasvukauden ajan toukokuun lopulta lokakuulle, kun taas toisessa taimet analysoitiin vain kerran heinäkuun lopulla (ns. näytetaimet). Näytetaimien tarkoituksena oli saada selville, millaisia kasvit olivat satokauden keskellä. Lannoituskäsittelyt molemmissa osissa olivat samat. Koe järjestettiin täydellisesti satunnaistettujen lohkojen kokeena. Lannoituskokeessa lohkoja oli viisi, lannoitekäsittelyjä neljä ja lajikkeita kaksi. Yhdessä lohkossa annettiin nämä neljä käsittelyä kummallekin lajikkeelle eli yhteensä yhdessä lohkossa oli kahdeksan koejäsentä. Lannoituskokeessa oli siis yhteensä 40 koeruutua. Yksi vihanneslevy eli säkki muodosti koeruudun ja siinä oli kuusi tainta. Näytetaimikokeessa oli neljä lohkoa ja samat neljä lannoitekäsittelyä sekä kaksi lajiketta, eli koeruutuja oli yhteensä 32. Näytetaimikokeessa säkit oli jaettu kahteen osaan: toisessa puolessa kasvoi kolme 'Malling Opal' taimea ja toisessa kolme 'Rondo' taimea. Näytetaimien koeruudun muodosti kaksi reunimmaista taimea säkin päissä.

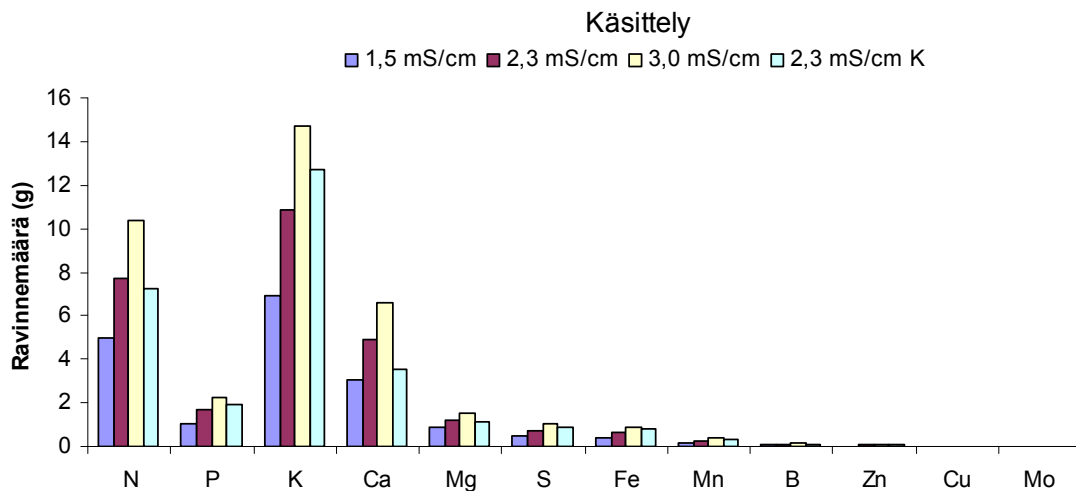
Muovihuone oli rakennettu lounais-koillis-suuntaisesti, joka oli myös vallitsevan tuulen suunta. Tämä edisti huoneen ilmanvaihtoa, kun huoneen päädyt avattiin kesällä. Huoneen pituus oli 35 m, leveys 6,6 m ja korkeus korkeimmasta kohdasta 3,1 m. Huoneen muovikalvo oli UV-suojattua 0,9 mm vahvuista EVA-kalvoa. Huoneen kattoon oli sijoitettu puhallin lisäämään kesällä tuuletusta. Alkukesällä ja syksyllä huoneessa oli myös lämmittimet torjumaan tarvittaessa hallaa. Säkit sijoitettiin kausihuoneeseen yhteen riviin noin 85 cm korkuisille alustoille. Rivin kummassakin päässä oli puolikas säkki suojakasveja.

Kastelu ja lannoitus hoidettiin tippukastelulla. Jokaiseen säkkiin oli sijoitettu kolme tippusuutinta (Plastro DGT-Volmatic, Søndersø, Tanska). Kastelu hoidettiin automaatiikalla, joka sääti kastelukertojen määrän auringon säteilymäärän ja kellonajan mukaan. Kahdessa säkissä oli myös tensiometrit, jotka oli yhdistetty kasteluautomaatiikkaan, mutta niitä ei käytetty kastelun säätelyssä. Kastelun ja lannoituksen säätöjärjestelmä oli ITUMIC CAG (ITUMIC Oy, Jyskä, Suomi). Kastelu- ja lannoitesäätimet olivat ITU Multi Station 10 ja Multi Station 20 (ITUMIC Oy, Jyskä, Suomi). Lannoiteliuos annettiin joka kastelukerralla. Jotta kosteus säkissä jakautuisi tasaisesti ja kaikki taimet saisivat riittävästi ravinteita ja vettä, annettiin noin 20 % ylikastelua. Ylimääräinen vesi valui säkin pohjassa olevien reikien kautta pois. Ylivaluman määrää ja laatua seurattiin kolmen lohkon joka koeruudussa.

Lannoituksen perustana käytettiin kolmea lannoiteainetta (Liite 1), joita sekoitettiin sopivassa suhteessa kasteluveteen halutun ravinnepitoisuuden saavuttamiseksi (Taulukko 2). Lannoitusveden ravinnepitoisuudet vaihtelivat paitsi käsittelyn niin myös kasvuvaiheen mukaan (Liite 2). Kasvukauden aikana yhdelle taimelle annetut ravinnemäärät vaihtelivat eri käsittelyissä (Kuva 2). Lannoituksen suunnitteli Ilkka Väre Kekkilä Oy:stä. Ylikastelun takia kaikki annetut ravinteet eivät päätyneet kasvin käyttöön vaan osa meni hukkaan valumaveden mukana ja osa jäi kasvualustaan.

TAULUKKO 2. Lannoiteainepitoisuudet 1000 litrassa lannoitusvettä eri käsittelyissä ja kasvuvaiheissa.

Käsittely	Kasvuvaihe	Superex T328 g/1000 l	CaN-jauhe g/1000 l	MgN-jauhe g/1000 l	N : K	N mg/l	K mg/l
1,5 mS/cm	Istutuksesta kukinnan alkuun	600	599	57	1:1,2	165	197
	Kukinnan aikana	660	558	61	1:1,3	165	215
	Raakileiden kasvu	710	521	67	1:1,4	165	230
	Kypsyminen	740	468	69	1:1,5	160	240
2,3 mS/cm	Istutuksesta kukinnan alkuun	990	992	39	1:1,2	263	316
	Kukinnan aikana	1060	912	42	1:1,3	258	335
	Raakileiden kasvu	1130	846	43	1:1,4	255	358
	Kypsyminen	1190	783	49	1:1,5	252	377
3,0 mS/cm	Istutuksesta kukinnan alkuun	1370	1352	42	1:1,2	358	430
	Kukinnan aikana	1470	1256	40	1:1,3	353	460
	Raakileiden kasvu	1560	1179	38	1:1,4	350	490
	Kypsyminen	1630	1073	33	1:1,5	340	510
2,3 mS/cm K	Istutuksesta kukinnan alkuun	990	992	39	1:1,2	263	316
	Kukinnan aikana	1060	912	42	1:1,3	258	335
	Raakileiden kasvu	1130	846	43	1:1,4	255	358
	Kypsyminen	1500	473	48	1:2,0	235	470



KUVA 2. Yhdelle mansikantaimelle annetut ravinnemäärät eri lannoitekäsittelyissä 28. toukokuuta ja 10. lokakuuta välisenä aikana.

Pölytyksen varmistamiseksi kausihuoneessa oli mantukimalaisia (*Bombus terrestris*) sisältävä Natupol-N kimalaispesä (Koppert, Berkel en Rodenrijs, Alankomaat). Ensimmäinen pesä tuotiin 3. kesäkuuta ja se vaihdettiin uuteen pesään 10. heinäkuuta. Natupol pesä vaihdettiin kotimaiseen Forestumin pesään 7. elokuuta (Forestum, Helsinki, Suomi). Forestum pesä vaihdettiin vielä Natupol pesään 20. elokuuta.

4.2 Kasvinsuojelu

Härmää torjuttiin rikittimillä. Kasvukauden alussa kausihuoneessa oli kaksi rikittintä ja kolmas lisättiin 22. heinäkuuta. Rikittimet olivat noin kahden metrin korkeudella. Rikittimet oli asennettu toimimaan öisin kello yhden ja viiden välillä. Ajoittain oli rikittimien toiminnassa ongelmia sähkönsyötön katkosten takia. Härmää torjuttiin myös kemiallisesti. Kasvusto käsiteltiin 18. kesäkuuta 1 %:lla Carbon Kick Booster –torjunta-aineella (Carbon Kick Oy, Pentinmäki, Suomi) sekä 1. heinäkuuta ja 4. elokuuta Frupica SC torjunta-aineella (Berner, Helsinki, Suomi), pitoisuudella 26 ml/20 l. Harmaahometta torjuttiin kemiallisesti 4. kesäkuuta Switch 62,5 WG –torjunta-aineella (Syngenta Crop Protection AG, Basel, Sveitsi).

Tuhoeläinten tarkkailuun oli kasvustoon asennettu keltaisia ja sinisiä liima-ansoja, jotka vaihdettiin viikoittain. Viikoittain otettiin myös vati- ja lehtinäytteet kasvustosta. Runsaimmin esiintyi vihannespunkkeja (*Tetranychus urticae*), ripsiäisiä (*Thysanoptera* sp.) ja lehtikirvoja (*Aphidodea* sp.). Tuhoeläimiä torjuttiin biologisesti (Liite 3). Vihannespunkkeja torjuttiin ansaripetopunkeilla (*Phytoseiulus persimilis*), kalifornianpetopunkilla (*Amblyseius californicus*) ja petopunkilla (*A. barkeri*). Ripsiäisten torjuntaan käytettiin ripsiäispetopunkkeja (*A. cucumeris*) ja kesärikkaluteita (*Orius majusculus*). Lehtikirvoja torjuttiin jättikirvavainokaisilla (*Aphidius ervi*) ja harsokorennoilla (*Chrysoperla carnea*). Lintujen torjumiseksi käytettiin lintuverkkoja muovihuoneen päällä, mikä esti lintujen sisääntulon avonaisista huoneen päädyistä.

4.3 Havainnot ja mittaukset

4.3.1. Kasvuolosuhteet

Ilman lämpötilaa seurattiin sekä kausihuoneen sisä- että ulkopuolella. Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mitattiin kausihuoneen keskeltä kasvuston korkeudelta. Mittaukset tehtiin Tinytag Ultra –säätilamittareilla (Gemini Data Loggers, Chichester, Iso-Britannia) puolen tunnin välein.

Kasvukauden aikana mitattiin päivittäin kolmen lohkon joka ruudusta (24 säkistä) tippukastelun antama vesimäärä sekä ylikastelun määrä. Näissä säkeissä oli 2 l mittakannut, joihin yksi tippu antoi vettä ja kannuun kerääntynyt vesimäärä mitattiin.

Yhden taimen ottama vesimäärä laskettiin annetun vesimäärän ja ylivaluntavesimäärän erotuksena. Kasteluautomaatiikka rekisteröi automaattisesti veden johtokyvyn, mutta johtokyky tarkistettiin kaksi kertaa viikossa myös manuaalisesti tipuista tulevasta vedestä. Johtokyvyn mittaamiseen käytettiin Volmatic LM20 johtokykymittaria (DGT-Volmatic, Søndersø, Tanska). Nämä 24 säkkiä oli sijoitettu laatikoihin, joista ylikasteluvesi kerättiin talteen. Valumavedestä mitattiin päivittäin vesimäärä sekä kymmenen päivän välein määritettiin myös veden nitraatti- ja fosfaattipitoisuudet sekä pH ja johtokyky. Nitraatti- ja fosfaattimäärytyksissä käytettiin RQflex®-mittalaitetta sekä Reflectoquant® nitraatti- ja fosfaattiliuskoja (Merck Chemicals, Darmstadt, Saksa). Valumaveden pH mitattiin DGT-Volmatic RM 14 -mittalaitteella (DGT-Volmatic, Søndersø, Tanska) ja johtokyky Volmatic Mesur -mittalaitteella (DGT-Volmatic, Søndersø, Tanska).

Kasvualustan olosuhteita seurattiin mittaamalla kerran viikossa kaikista säkeistä vesipitoisuus, johtokyky ja lämpötilat kannettavalla Grodan WCM –mittalaitteella (Grodan, Roermond, Alankomaat).

4.3.2 Kasvu-, kukka- ja satohavainnot

Kasvukauden aikana taimien kasvussa ja kehityksessä seurattiin rönsyjen muodostusta, lehtivihreän määrää lehdissä, kukintaa ja sadonmuodostusta. Kerran kuukaudessa poistettiin rönsyt, laskettiin niiden lukumäärä sekä mitattiin rönsyjen kuivapaino koeruuduittain. Kuivapainomittausta varten rönsyt kuivattiin paperipussissa uunissa +80°C lämpötilassa viikon ajan.

Lehtivihreän määrä mitattiin kerran kuukaudessa jokaisen taimen seitsemän lehden keskiarvona Minolta SPAD-502 –klorofyllimittarilla (Konica Minolta Sensing, Inc., Tokio, Japani). SPAD-mittaukset tehtiin nuoren, täysikasvuisen lehden päätelehdykästä, pääsuonen vierestä. Mittalaitteen ilmoittama arvolla ei ole yksikköä ja se ilmaisee klorofyllipitoisuuden 0-100 välisenä arvona (Spectrum Technologies 2009). SPAD mittalaitteen toiminta perustuu kahden eri valon aallonpituuden erilaiseen absorboitumiseen klorofyllissä. SPAD 502 mittalaitteessa on kaksi LED valolähdettä, joista toinen lähettää punaista noin 650 nm aallonpituutta ja toinen infrapunaista noin 940 nm aallonpituutta. Klorofylli absorboi hyvin punaisen alueen aallonpituuksia ja erittäin vähän infrapunaista aallonpituuksia. LED valolähteet lähettävät valon

lehtinäytteen läpi reseptoriin, joka muuttaa valoallot sähköiseksi signaaliksi. Mittalaitteessa oleva prosessori laskee signaaleja vastaavan SPAD-arvon.

Kerran kuukaudessa laskettiin jokaisen taimen kukkavanojen ja kukkien lukumäärä. Kukintahavainnot tehtiin 3. kesäkuuta, 2. heinäkuuta, 5. elokuuta ja 3. syyskuuta.

Satoa kerättiin 23. kesäkuuta ja 10. lokakuuta välisenä aikana. Sato poimittiin kaksi kertaa viikossa maanantaisin ja torstaisin. Poimintavaiheessa marjat lajiteltiin koeruuduittain koon ja laadun mukaan. Ruudun jokaisen laatuluokan marjojen lukumäärä laskettiin ja tuorepaino punnittiin. Marjojen laatuluokat olivat:

- Ekstra: marjat virheettömiä, halkaisija yli 25 mm
- I-luokka: marjat virheettömiä, halkaisija 18 – 25 mm
- Pienet: marjat halkaisijaltaan alle 18 mm
- Härmäiset
- Homeiset
- Epämuotoiset
- Muut vialliset: esimerkiksi pintavialliset, ripsiäisen vioittamat tai mekaanisesti vaurioituneet

Torstaisin poimituista ekstra, I-luokka ja pienistä marjoista mitattiin myös kuivapainot. Marjat kuivattiin foliovuissa uunissa +80°C lämpötilassa viikon ajan, minkä jälkeen ne punnittiin.

Lannoituskoe purettiin 15.–20. lokakuuta. Kaikki yhden koeruudun eli säkin kuusi kasvia irrotettiin kasvualustasta ja jaettiin maanpäälliseen ja maanalaiseen osaan. Jako tehtiin heti pystyjuurakon haarautumiskohdan alapuolelta hieman maanpinnan tason alapuolelta. Maanalaista osaa ei havainnoitu.

Pystyjuurakon läpimitta mitattiin juurakon paksuimman kohdan minimi- ja maksimimitan keskiarvona. Haarojen lukumäärä laskettiin ja pystyjuurakon kuivapaino määritettiin kuivaamalla juurakko uunissa +80°C lämpötilassa viikon ajan. Rönsyjen lukumäärä laskettiin ja rönsyjen kuivapaino punnittiin kuivatuksen jälkeen. Myös lehtien kuivapaino punnittiin. Lehtien paino sisälsi sekä lehtilavat että –ruodit. Kuivapainoon otettiin mukaan myös kuolleet lehdet. Kukkavanojen kuivapainot punnittiin.

Joka säkin kaksi keskimmäistä kasvia käsiteltiin erikseen ja näistä kahdesta kasvista mitattiin edellä mainittujen mittauksen lisäksi lehtien lukumäärä sekä lehtiala LI-3100 Area Meter –planimetrillä (LI-COR inc., Lincoln, USA). Lehtialamittaus sisälsi sekä lehtilavat että –ruodit.

Satoindeksi laskettiin kokeen lopussa jakamalla kasvin koko sadon kuivapaino kaikkien maanpäällisten osien (eli maanpäällisten kasvullisten osien sekä kukkien ja sadon summa) kuivapainolla.

4.3.3 Marjojen laatumittaukset

Marjojen laatumäärittäminen tehtiin kasvukauden aikana viisi kertaa: 8., 15. ja 29. heinäkuuta sekä 20. ja 29. elokuuta. Mansikoiden mehusta määritettiin titrauksen avulla happopitoisuus ja °Brix refraktometrillä mehun liukoinen kuiva-ainepitoisuus. Myös mehun väri analysoitiin ja marjan kiinteys mitattiin. Laatumäärittämisessä analysoitiin kymmenen marjaa koeruutua kohden. Aina ei marjoja ollut tarpeeksi ja määrittäminen tehtiin, jos marjoja oli vähintään neljä. Yhden koeruudun marjat jaettiin veitsellä kahtia. Toisesta puolikkaasta mitattiin kiinteys ja toisesta puristettiin mehu käsin kaksinkertaisen polyesterisen harsokankaan läpi muita mittauksia varten. Mehustettavien marjapuolikkaiden paino mitattiin ennen puristusta ja mansikanpuolikkaista pyrittiin puristamaan mehumäärä, joka vastasi 20 % puolikkaiden marjojen painosta.

Titrauksessa käytettiin 2,0 g puristemehua, joka laimennettiin deionisoidulla vedellä noin 25 grammaan. Titraus tehtiin 0,1 M NaOH liuoksella. Titrauslaite oli SCHOTT Instruments TitroLine easy ja pH elektrodi L 7780 (SI Analytics, Mainz, Saksa). Suurin osa mansikan hapoista on sitruunahappoa, joten kokonaishappopitoisuus tuloksissa laskettiin vastaamaan sitruunahappopitoisuutta, kun 1 ml 0,1 M NaOH neutralisoi 0,0064 g sitruunahappoa.

Liukoisen kuiva-aineen pitoisuus mitattiin puristemehusta Atago Palette PR100 Brix-refraktometrillä (Atago co., ltd., Tokio, Japani). Refraktometri mittaa nesteen taitekertoimen ja näyttää tuloksena taitekerrointa vastaavan ruokosokeripitoisuuden painoprosenttina liuoksessa (Brix%). Koska marjat sisältävät sokerin lisäksi vesiliukoisia happoja ja pektiiniä, Brix% ilmaisee liukoisen kuiva-aine pitoisuuden.

Mehun väri mitattiin Minolta CR-200 värimittarilla ja CR-A50 kyveteillä (Konica Minolta Sensing Inc., Tokio, Japani). Mittauksissa käytettiin $L^*a^*b^*$ värimaailmaa (Commission Internationale de l'Eclairage 1978). $L^*a^*b^*$ värimaailmassa L^* arvo ilmaisee värin vaaleutta ja arvo vaihtelee välillä 0 (musta) ja 100 (valkoinen). Punaisuutta kuvaava a^* -arvo vaihtelee negatiivisesta vihreästä a^* -arvosta positiiviseen

punaiseen a^* -arvoon. Värin keltaisuutta kuvaava b^* -arvo vaihtelee negatiivisesta sinisestä väristä positiiviseen keltaiseen väriin.

Marjan kiinteys mitattiin penetrometrin maksimiarvona, joka oli voima-deformaatio –käyrän huippukohta (Kuva 1). Mittaus tehtiin mansikan puolikkaasta halkaistu sivu mittapöytää vasten. Mittaus suoritettiin mansikan korkeimmasta kohdasta. Mittauksissa käytettiin LLOYD Instruments LRX – kiinteysmittalaitetta (Ametek Inc., Berwyn, USA). Käytetyt ohjelmat olivat Nexygen 4.1 ohjelma ja LrLrx-console kommunikaatio-ohjelma. Mittapään halkaisija oli 6 mm ja kuormayksikön kapasiteetti 20 N. Esikuormana käytettiin 0,03 N ja mittapään laskunopeutena 20 mm/min.

4.3.4 Näytetaimien havainnot

Näytetaimista ei kerätty satoa eikä poistettu rönsyjä kasvukaudella. Näytetaimet havainnoitiin 22.–23. heinäkuuta keskellä satokautta. Näytetaimista analysoitiin rönsyjen, kukkavanojen, lehtien ja pystyjuurakoiden kasvua.

Kukkavanat leikattiin irti kasvista ja laskettiin. Irrotuksen yhteydessä kukkavanoista mitattiin pituus vanan tyvestä alimpaan haarautumiskohtaan ja ylimpään kukkapohjukseen. Kukkavanojen läpimitta mitattiin vanan tyven ja alimman haarautumiskohdan puolivälistä. Kukkavanat kukkineen ja marjoineen laitettiin foliovuokiin ja uuniin $+80^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan viikoksi, jonka jälkeen kuivapainot punnittiin.

Myös rönsyt leikattiin irti ja lukumäärä laskettiin. Rönsyt kuivattiin paperipusseissa uunissa $+80^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa viikon ajan ennen kuivapainon mittaamista.

Lehtivihreän määrä lehdissä mitattiin SPAD-arvona kahden kasvin seitsemän lehden keskiarvona Minolta SPAD-502 klorofyllimittarilla (Konica Minolta Sensing, Inc., Tokio, Japani). SPAD-mittaukset tehtiin nuoren, täysikasvuisen lehden päätelehdykstä, pääsuonen vierestä. Näistä kahden kasvin seitsemästä lehdestä mitattiin myös lehtiruodin pituus sekä läpimitta ruodin puolivälistä.

Kasvien maanpäällinen osa irrotettiin kasvualustasta heti pystyjuurakon haarautumiskohdan alapuolelta hieman maanpinnan alapuolelta. Kasvin kaikkien lehtien lukumäärä laskettiin ja lehdet kuivattiin kuivapainon määrittystä varten. Lehtien kuivapaino sisälsi sekä lehtilavat että -ruodit.

Pystyjuurakon haarojen lukumäärä laskettiin ja läpimitta mitattiin. Läpimitaksi laskettiin paksuimman kohdan suurimman ja pienimmän arvon keskiarvo.

Pystyjuurakko kuivattiin ja kuivapaino punnittiin. Kasvin maanalaista juuristoa ei havainnoitu.

Lehtien mineraalimääritykset tehtiin näytekasvien samoista seitsemästä lehdestä kuin SPAD mittaukset. Määritykset teki MTT Laboratoriot (Jokioinen, Suomi) FINAS-akkreditoituna palveluna. Typpi määritettiin Kjeldahl-menetelmällä ja muut kivennäis- ja hivenaineet märkäpolton jälkeen induktiivisesti kytketyllä plasma – massaspektrometrillä (ICP-MS).

4.3.5 Tulosten tilastollinen analyysi

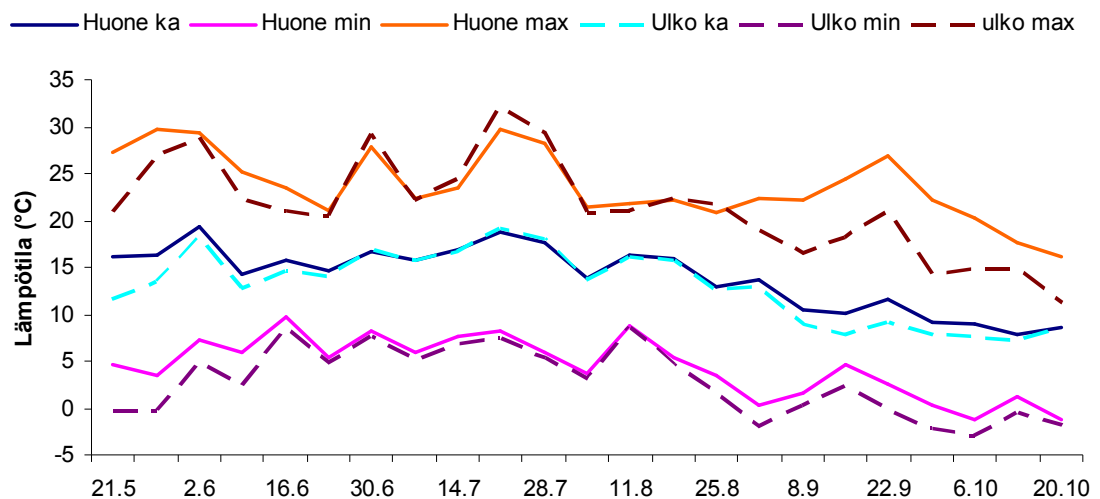
Koeasetelma oli täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koe, ja testattavat kiinteät tekijät olivat lannoitekäsittely ja lajike. Tulosten tilastollinen analyysi tehtiin SAS-ohjelmistolla, versio 9.1 (SAS Institute Inc. Cary, USA). Varianssianalyysi tehtiin käyttäen SAS MIXED-proseduuria. Varianssien homogeenisyysedellytystä tarkasteltiin graafisesti. Mallin sopivuutta testattiin myös analysoimalla residuaalien jakauman normaalisuus. Tarvittaessa käytettiin neliöjuuri- ja logaritimuunnoksia. Lannoituskäsittelyjen vaikutusten erot testattiin estimoimalla vastemuuttujien keskiarvot ja niiden erotusten 95 % luottamusvälit. Tilastollisesti merkitsevän eron rajana pidettiin $p=0,05$ riskitasoa.

Marjojen laatumittauksissa marjojen vähäisen lukumäärän takia tilastollisessa analyysissä yhdistettiin analyysikerrat 1 ja 2 (alkusatokausi) sekä analyysikerrat 4 ja 5 (loppusatokausi). Analyysikerrassa 3 (pääsatokausi) oli tarpeeksi marjoja omaan analyysiin. Laatumittausten tilastolliset analyysit tehtiin erikseen näistä kolmesta satokauden ajankohdasta ja eri aikojen arvoja ei verrattu keskenään. Korrelaatioanalyysi tehtiin näytetaimien lehtien SPAD-mittauksista ja lehtien typpipitoisuuksista SAS CORR-proseduurilla.

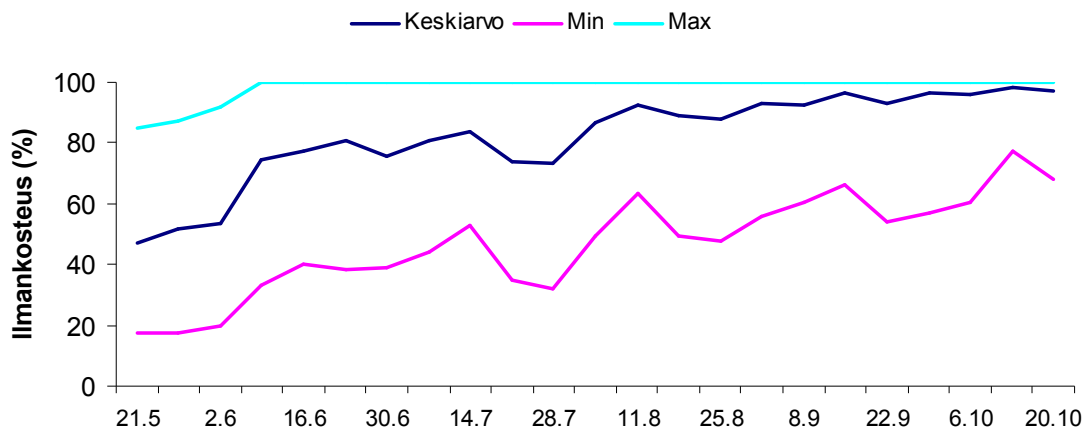
5 TULOKSET

5.1 Kasvuolosuhteet

Toukokuun lopusta kesäkuun loppupuolelle lämpötila kausihuoneen sisäpuolella oli korkeampi kuin ulkopuolella (Kuva 3). Päivisin kausihuoneen päädyt avattiin ilmanvaihdon parantamiseksi. 24. kesäkuuta lähtien päädyt olivat auki myös öisin. Heinä-elokuussa lämpötilaerot huoneen sisä- ja ulkopuolella olivat hyvin pienet. Huoneen päädyt suljettiin 1. syyskuuta. Syyskuun alusta lokakuulle syntyi taas eroja ulko- ja sisälämpötilan välillä. Suhteellinen ilmankosteus kausihuoneen sisällä nousi syksyä kohden (Kuva 4). Varsinkin yöaikaan suhteellinen ilmankosteus nousi lähelle 100 %:a.

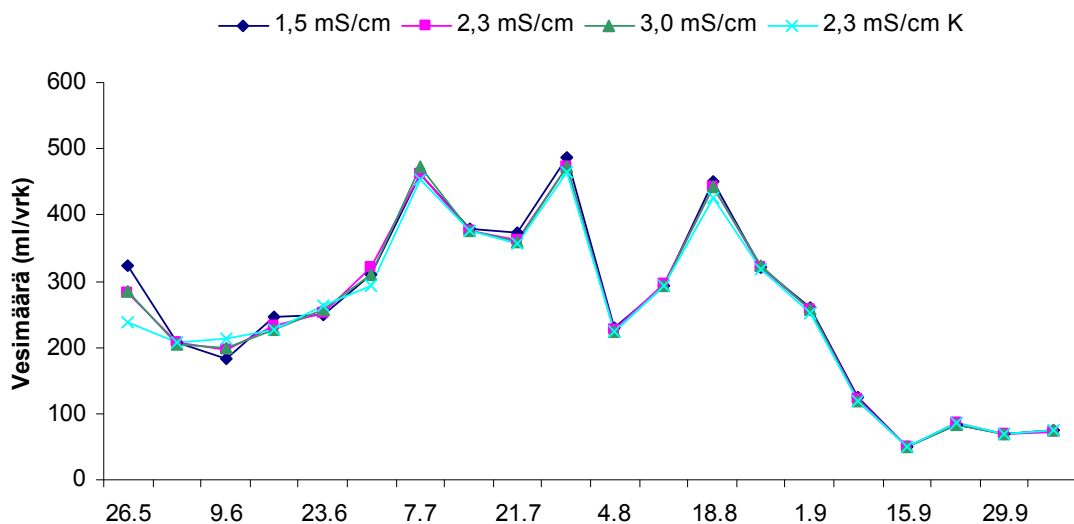


KUVA 3. Lämpötila kausihuoneen sisällä ja ulkolämpötila. Arvot ovat viikon pituisten ajanjaksojen puolen tunnin välein mitattujen lämpötilojen keskiarvoja, sekä ajanjaksojen aikana havaitut minimi- ja maksimilämpötilat.



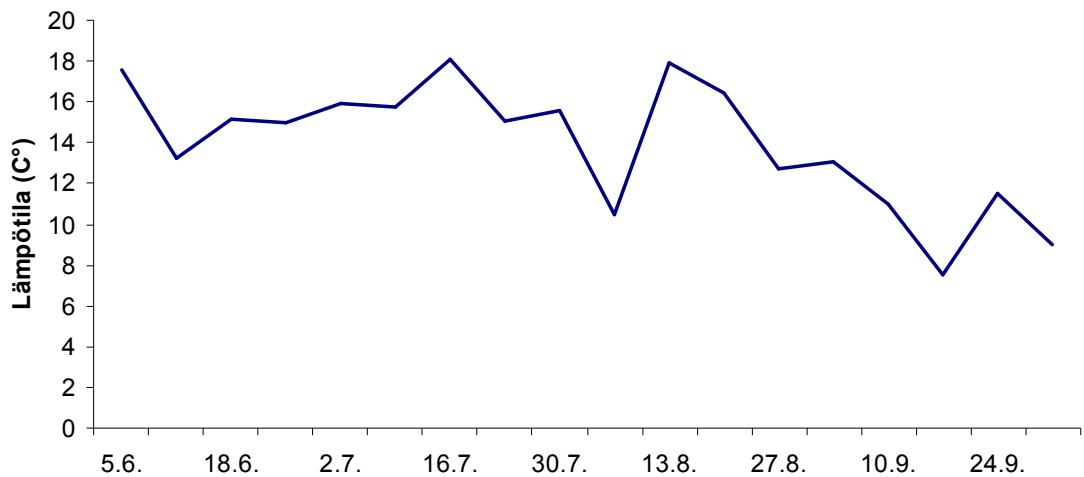
KUVA 4. Suhteellinen ilmankosteus kausihuoneen sisällä. Arvot ovat viikon pituisten ajanjaksojen puolen tunnin välein mitattujen suhteellisen ilmankosteuden keskiarvoja sekä ajanjaksojen aikana havaitut minimi- ja maksimiarvot.

Kokeen aikana kastelun säätöjärjestelmän asetuksia jouduttiin välillä muuttamaan riittävän kastelun varmistamiseksi. Kasvukauden aikana yhdelle taimelle annettiin käsittelyssä 1,5 mS/cm yhteensä 35,6 l vettä, käsittelyissä 2,3 mS/cm ja 3,0 mS/cm annettiin 35,1 l vettä sekä käsittelyssä 2,3 mS/cm K annettiin 34,5 l vettä (Kuva 5).

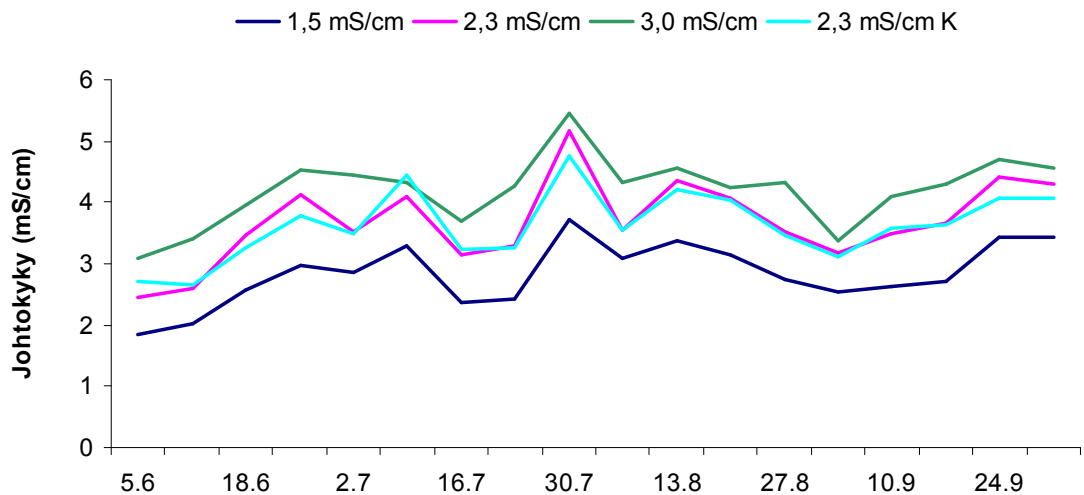


KUVA 5. Yhdelle mansikantaimelle säteilyyn perustuvan kasteluautomaatiikan antama vesimäärä päivässä eri lannoituskäsittelyissä. Arvot ovat viikon pituisten ajanjaksojen päivittäin mitattujen vesimäärien keskiarvoja kolmesta lohkoista.

Kasvualustan lämpötilaa ja sähkönjohtokykyä seurattiin säikeistä viikoittain kasvukauden aikana (Kuva 6 ja Kuva 7). Kasvualustojen johtokyky nousi kasvukauden aikana ajoittain liian korkeaksi ja kolmena päivänä, 9. ja 28. heinäkuuta sekä 17. syyskuuta, kastelu annettiin kaikissa käsittelyissä johtokyvyllä 0,5 mS/cm, jotta kasvualustasta huuhtoutuisi pois ioneja ja johtokyky saataisiin laskemaan.



KUVA 6. Kasvualustan lämpötilat kasvukaudella. Arvo on kerran viikossa mitattujen 40 koeruudun keskiarvo ($n = 40$).



KUVA 7. Kasvualustan johtokyvyn kerran viikossa mitattujen viiden lohkon keskiarvo eri lannoituskäsittelyillä ($n = 10$).

5.2 Kasvu

Malling Opal -lajike tuotti alimmalla johtokyvyllä enemmän kukkia kuin muissa käsittelyissä (Taulukko 3). Suuri kukkien lukumäärä johtui suuresta kukkavanojen lukumäärästä. Kukkien vanakohtainen lukumäärä oli käsittelyssä 2,3 mS/cm K suurempi kuin muissa käsittelyissä. Rondo-lajikkeella oli suurempi kukkien lukumäärä käsittelyssä 2,3 mS/cm kuin käsittelyissä 1,5 mS/cm ja 3,0 mS/cm. Kukkien vanakohtaisesta lukumäärästä tai kukkavanojen lukumäärästä ei Rondo-lajikkeella ollut eroja käsittelyjen välillä.

Käsittelyllä ei ollut vaikutusta rönsyjonojen lukumäärään kummallakaan lajikkeella (Taulukko 3). Malling Opal -lajikkeella ei ollut merkitseviä eroja rönsyjen kuivapainossa. Rondo-lajikkeella oli suurempi rönsyjen kuivapaino käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyssä 3,0 mS/cm.

TAULUKKO 3. Yhden mansikantaimen kukkien ja rönsyjen eri vastemuuttujien keskiarvoestimaatteja koko satokauden ajalta ($n = 5$). Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheen.

	Lajike	Käsittely				SEM	p		
		1,5 mS/cm	2,3 mS/cm	3,0 mS/cm	2,3 mS/cm K		Lajike	Käsittely	Yhdysvaikutus
Kukkien lukumäärä	M. Opal Rondo	81,46 a 88,20 b	71,13 b 96,20 a	71,96 b 86,53 b	73,36 b 93,27 ab	3,53	<0,001	0,214	0,015
Kukkia per vana	M. Opal Rondo	6,07 b 5,92	5,86 b 6,14	5,81 b 5,89	6,57 a 6,11	0,18	0,612	0,038	0,152
Kukkavanojen lukumäärä	M. Opal Rondo	13,40 a 14,90	12,13 ab 15,67	12,60 ab 14,73	11,13 b 15,30	0,64	<0,001	0,431	0,103
Rönsyjonojen lukumäärä	M. Opal Rondo	7,37 8,43	7,90 7,24	7,47 6,30	8,63 8,06	0,77	0,546	0,299	0,511
Rönsyjen kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	6,00 6,44 a	5,58 5,87 ab	5,73 4,20 b	5,96 5,99 ab	0,67	0,689	0,287	0,444

Pääsatokauden aikana, 22.–23. heinäkuuta, puretuista ja analysoiduista taimista Malling Opal -lajikkeella oli käsittelyssä 1,5 mS/cm suuremmat kasvullisten osien kuivapainot, yhden rönsyjonojen ja kaikkien rönsyjen kuivapainot, lehtien kuivapainot, lehtivanan ja pystyjuurakon läpimitat sekä pystyjuurakon kuivapainot kuin käsittelyssä 3,0 mS/cm (Taulukko 4). Käsittelyjen 2,3 mS/cm ja 2,3 mS/cm K välillä ei ollut eroja mitatuissa vastemuuttujissa.

Rondo-lajikkeella ei juuri ollut eroja mitatuissa vastemuuttujissa. Ainoastaan lehtivanat olivat pidempiä käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyssä 3,0 mS/cm (Taulukko 4).

TAULUKKO 4. Yhden mansikantaimen vegetatiivista kasva kuvaavien vastemuuttujien keskiarvoestimaatteja satokauden keskellä, 22.–23. heinäkuuta puretuissa taimissa. Tulokset ovat keskiarvoja neljästä lohokosta, jokaisen lohkon kahdesta kasvusta. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheen.

	Lajike	Käsittely				SEM	p		
		1,5 mS/cm	2,3 mS/cm	3,0 mS/cm	2,3 mS/cm K		Lajike	Käsittely	Yhdys- vaikutus
Kasvullisten maanpäällisten osien kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	44,23 a 38,38	36,23 ab 35,57	26,72 b 31,36	30,64 b 37,70	0,11	0,570	0,032	0,365
Rönsyjonon lukumäärä	M. Opal Rondo	7,75 9,00	7,13 8,00	6,99 7,50	6,25 7,75	1,09	0,192	0,604	0,972
Yhden rönsyjonon kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	2,82 a 1,65	2,78 a 1,62	1,70 b 1,54	2,29 ab 1,46	0,30	0,001	0,187	0,357
Rönsyjen kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	20,70 a 13,99	19,55 ab 12,15	12,24 c 11,31	13,74 bc 11,30	0,10	0,010	0,056	0,451
Lehtien kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	21,99 a 23,11	15,40 b 21,79	13,47 b 18,71	15,92 ab 24,48	2,19	0,002	0,046	0,402
Lehtivanan pituus (mm)	M. Opal Rondo	163,0 221,5 a	153,8 205,4 ab	148,0 200,1 b	152,5 216,8 ab	6,44	<0,001	0,052	0,716
Lehtivanan läpimitta (mm)	M. Opal Rondo	2,8 a 3,2	2,6 ab 3,0	2,4 b 3,0	2,7 ab 3,2	0,11	<0,001	0,061	0,867
Pystyjuurakon läpimitta (mm)	M. Opal Rondo	34,3 a 33,6	29,4 ab 33,1	27,0 b 33,3	29,7 ab 36,5	1,90	0,006	0,208	0,196
Pystyjuurakon haarojen lukumäärä	M. Opal Rondo	4,8 4,1	3,4 4,1	3,6 4,0	4,3 5,0	0,53	0,411	0,269	0,529
Pystyjuurakon kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	1,39 a 1,52	1,09 ab 1,57	0,94 b 1,46	1,02 ab 1,8	0,12	0,001	0,372	0,254

Kokeen lopussa puretuissa taimissa Malling Opal -lajikkeella oli käsittelyssä 1,5 mS/cm suurempi yhden lehden keskimääräinen pinta-ala kuin käsittelyssä 2,3 mS/cm K (Taulukko 5). Käsittelyssä 3,0 mS/cm oli pystyjuurakon läpimitta pienempi kuin käsittelyissä 1,5 mS/cm ja 2,3 mS/cm. Muissa mitatuissa vegetatiivista kasvua kuvaavissa vastemuuttujissa ei ollut eroja käsittelyjen välillä.

Rondo-lajikkeella lehdistön pinta-ala sekä lehtien lukumäärä oli suurempi käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyssä 3,0 mS/cm. Lehtien kuivapaino, pystyjuurakon läpimitta ja kuivapaino sekä maanpäällisen osan kuivapaino oli pienempi käsittelyssä

3,0 mS/cm kuin muissa käsittelyissä. Yhden lehden pinta-alassa ja pystyjuurakon harojen lukumäärässä ei ollut eroja käsittelyjen välillä.

TAULUKKO 5. Yhden mansikantaimen vegetatiivista kasva kuvaavien vastemuuttujien keskiarvoestimaatteja satokauden lopussa, 15.–20. lokakuuta puretuissa taimissa. Tulokset ovat keskiarvoja viidestä lohokosta, jokaisen lohkon kuudesta kasvista. Maanpäällisen osan kuivapaino ei sisällä kukkavanoja, raakileita eikä marjoja. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheen.

	Lajike	Käsittely				SEM	p		
		1,5 mS/cm	2,3 mS/cm	3,0 mS/cm	2,3 mS/cm K		Lajike	Käsittely	Yhdys- vaikutus
Lehdistön pinta-ala (dm ²)	M. Opal Rondo	13,40 29,08 a	14,21 24,28 ab	12,70 19,29 b	10,57 23,87 ab	2,10	<0,001	0,077	0,154
Lehtien kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	14,06 27,08 a	15,31 24,17 a	13,28 19,40 b	13,40 23,59 a	1,27	<0,001	0,013	0,074
Lehtien lukumäärä	M. Opal Rondo	24,60 39,62 a	30,80 35,50 ab	30,20 29,90 b	26,00 35,20 ab	3,13	0,003	0,750	0,127
Yhden lehden pinta-ala (cm ²)	M. Opal Rondo	51,71 a 76,38	44,85 ab 69,45	41,88 ab 65,11	39,18 b 68,77	0,09	<0,001	0,110	0,846
Pystyjuurakon läpimitta (mm)	M. Opal Rondo	37,50 a 44,59 a	38,20 a 43,89 a	34,44 b 39,05 b	37,30 ab 43,40 a	1,13	<0,001	0,001	0,719
Pystyjuurakon haarojen lukumäärä	M. Opal Rondo	6,00 7,15	5,83 7,03	5,09 6,33	5,50 6,67	0,50	0,001	0,237	1,000
Pystyjuurakon kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	2,59 4,06 a	2,70 3,81 a	2,71 2,98 b	2,71 3,73 a	0,15	<0,001	0,011	0,003
Maanpäällisen osan kuivapaino (g)	M. Opal Rondo	22,66 37,40 a	22,51 33,85 a	21,71 26,58 b	22,07 33,31 a	1,42	<0,001	0,003	0,016

Malling Opal –lajikkeella lehtivihreän määrää kuvaavassa SPAD-arvossa ei ollut alkua ja pääsatokautena eroja käsittelyjen välillä (Taulukko 6). Loppusatokautena käsittelyssä 1,5 mS/cm oli pienempi SPAD-arvo kuin käsittelyissä 2,3 mS/cm ja 3,0 mS/cm.

Rondo-lajikkeella satokauden alussa oli käsittelyssä 1,5 mS/cm alempi SPAD-arvo kuin käsittelyissä 3,0 mS/cm ja 2,3 mS/cm K. Pääsadon aikaan ei eroja esiintynyt. Loppusatokautena käsittelyssä 1,5 mS/cm oli pienempi SPAD-arvo kuin käsittelyissä 2,3 mS/cm ja 3,0 mS/cm.

Pääsatokauden aikana puretuista näytetaimista mitattiin samoista lehdistä SPAD-arvot ja typpipitoisuudet. SPAD-arvon ja typpipitoisuuden välinen Pearsonin korrelaatiokerroin oli 0,82 ($p < 0,001$).

TAULUKKO 6. Malling Opal ja Rondo -lajikkeen lehden SPAD-arvot kolmena ajankohtana satokauden aikana ($n = 210$). Arvot ovat keskiarvoestimaatteja. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan lajikkeittain ja päivämäärittäin tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheet.

Lajike ja käsittely	Päivämäärä		
	18.6.	16.7.	18.8.
Malling Opal			
1,5 mS/cm	44,0	37,7	38,2 c
2,3 mS/cm	44,5	38,3	39,8 ab
3,0 mS/cm	45,3	38,7	40,3 a
2,3 mS/cm K	44,9	37,8	39,1 bc
Rondo			
1,5 mS/cm	39,4 b	35,8	38,9 c
2,3 mS/cm	40,8 ab	36,6	40,0 ab
3,0 mS/cm	41,8 a	37,2	40,4 a
2,3 mS/cm K	41,3 a	36,8	39,5 bc
SEM	0,54	0,59	0,32
p lajike	<0,001	<0,001	0,157
p käsittely	0,009	0,169	<0,001
p yhdysvaikutus	0,739	0,870	0,808

5.3 Lehtien mineraalipitoisuudet

Satokauden keskellä, 22–23. heinäkuuta puretuista taimista analysoitiin lehdistä mineraalipitoisuudet. Malling Opal –lajikkeella ei ollut eroja typpipitoisuuksissa käsittelyjen välillä (Taulukko 7). Fosforipitoisuus oli Malling Opal -lajikkeella korkein käsittelyssä 2,3 mS/cm. Kaliumpitoisuudessa ei ollut eroja käsittelyjen 2,3 mS/cm ja 2,3 mS/cm K välillä ja pienin pitoisuus oli käsittelyssä 1,5 mS/cm. Kalsiumpitoisuuksissa ei ollut eroja käsittelyjen välillä. Mikroravinteistä mangaani- ja rautapitoisuudet olivat korkeimmat käsittelyssä 3,0 mS/cm.

Rondo-lajikkeella oli korkeampi typpipitoisuus käsittelyssä 2,3 mS/cm kuin käsittelyssä 2,3 mS/cm K (Taulukko 7). Muiden käsittelyjen välillä ei ollut eroja typpipitoisuuksissa. Fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksissa ei ollut eroja käsittelyjen välillä. Käsittelyssä 3,0 mS/cm oli korkeammat mangaani-, rauta- ja kuparipitoisuudet kuin muissa käsittelyissä.

TAULUKKO 7. Mansikan lehden sisältämien mineraalien pitoisuuksien keskiarvoestimaatteja satokauden aikana, 22.–23. heinäkuuta puretuissa taimissa. Arvot ovat neljän lohkon keskiarvoja, kun yhdestä lohkoista analysoitiin yhdessä kahden kasvin seitsemän lehteä. Pitoisuudet on esitetty suhteessa lehden kuivapainoon. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheen.

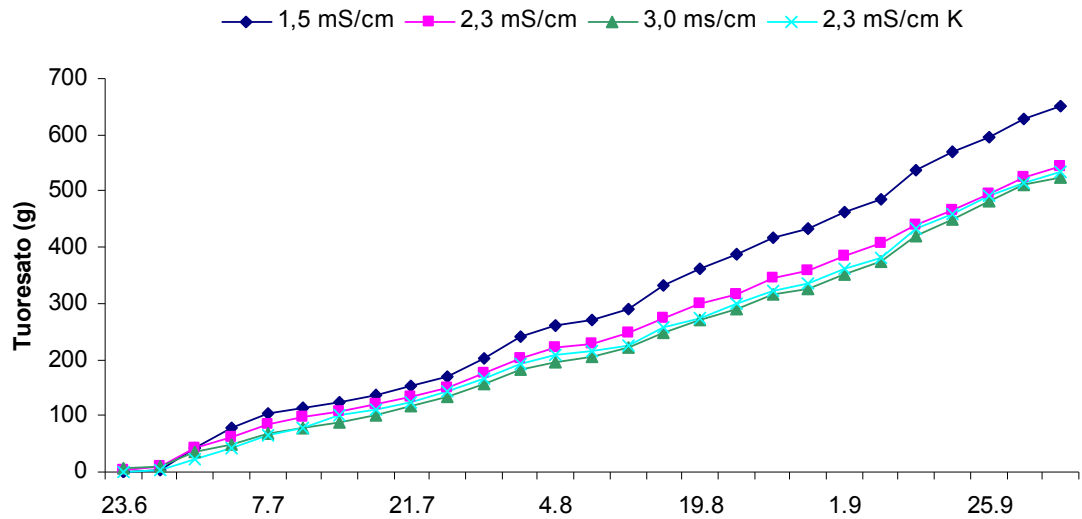
		Käsittely				SEM	p		
		1,5 mS/cm	2,3 mS/cm	3,0 mS/cm	2,3 mS/cm K		Lajike	Käsittely	Yhdys- vaikutus
N (%)	M. Opal Rondo	2,77 2,55 ab	2,85 2,71 a	2,98 2,64 ab	2,92 2,47 b	0,08	<0,001	0,179	0,191
P (g/kg)	M. Opal Rondo	4,12 b 3,66	4,59 a 3,78	3,90 b 3,73	4,13 b 3,71	0,10	<0,001	0,005	0,028
K (g/kg)	M. Opal Rondo	21,10 b 21,70	23,63 a 23,43	24,38 a 22,85	24,40 a 21,88	0,86	0,148	0,058	0,300
Ca (g/kg)	M. Opal Rondo	11,85 10,19	12,35 10,75	13,65 10,11	12,08 8,34	1,09	0,002	0,456	0,638
Mg (g/kg)	M. Opal Rondo	2,66 ab 2,75	2,70 ab 2,87	2,79 a 2,67	2,46 b 2,58	0,10	0,380	0,091	0,523
Mn (mg/kg)	M. Opal Rondo	168,00 c 151,00 b	265,75 b 229,25 b	365,50 a 317,50 a	172,75 c 143,00 b	30,24	0,134	<0,001	0,962
Fe (mg/kg)	M. Opal Rondo	103,75 b 99,00 b	124,25 b 116,00 b	173,50 a 153,25 a	129,25 b 106,00 b	12,34	0,119	<0,001	0,849
Zn (mg/kg)	M. Opal Rondo	20,75 17,75	21,75 18,75	21,25 17,25	20,00 17,50	0,84	<0,001	0,358	0,838
Cu (mg/kg)	M. Opal Rondo	2,28 a 1,68 b	2,15 ab 1,78 b	2,15 ab 1,93 a	2,13 b 1,68 b	0,05	<0,001	0,066	0,007

5.4 Sato

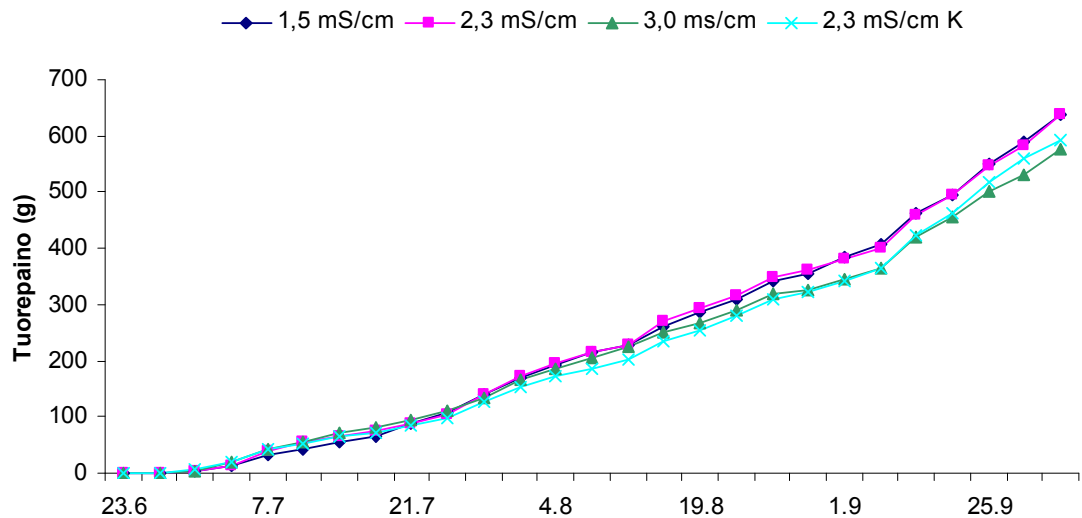
Sekä Malling Opal että Rondo -lajikkeella sato alkoi eri käsittelyissä samanaikaisesti (Kuvat 8 ja 9). Malling Opal -lajikkeella saatiin matalimmalla johtokyvyillä suurin sato (Kuva 8 ja Taulukko 8). Marjakoko oli myös suurempi käsittelyssä 1,5 mS/cm (12,3 g) kuin käsittelyissä 2,3 mS/cm (11,5 g) ja 3,0 mS/cm (10,7 g). Malling Opal -lajikkeella härmäisten marjojen määrä oli kaikissa käsittelyissä suuri ja siten kauppakelpoisten marjojen osuus pieni (Kuva 10 ja Taulukko 8). Kauppakelpoisten marjojen osuudessa ja marjojen kuivapainoprosentissa ei ollut eroja käsittelyjen välillä.

Rondo-lajikkeella tuli pienempi sato käsittelyssä 3,0 mS/cm kuin käsittelyissä 2,3 mS/cm ja 1,5 mS/cm (Kuva 9 ja Taulukko 8). Marjakoko oli suurempi käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyssä 3,0 mS/cm. Marjojen kuivapainoprosentti oli korkeampi käsittelyssä 2,3 mS/cm K kuin käsittelyssä 2,3 mS/cm. Marjojen lukumäärässä ja

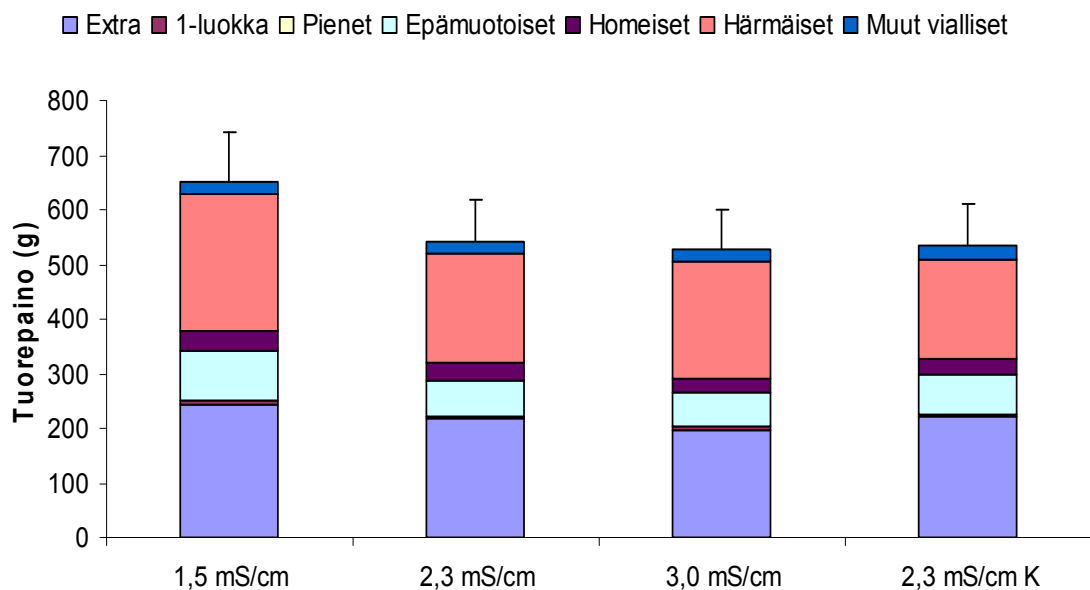
kauppakelpoisten marjojen osuudessa ei ollut eroja käsittelyjen välillä. Rondo-lajikkeella oli huomattavasti vähemmän härmäisiä marjoja kuin Malling Opal -lajikkeella (Kuva 11).



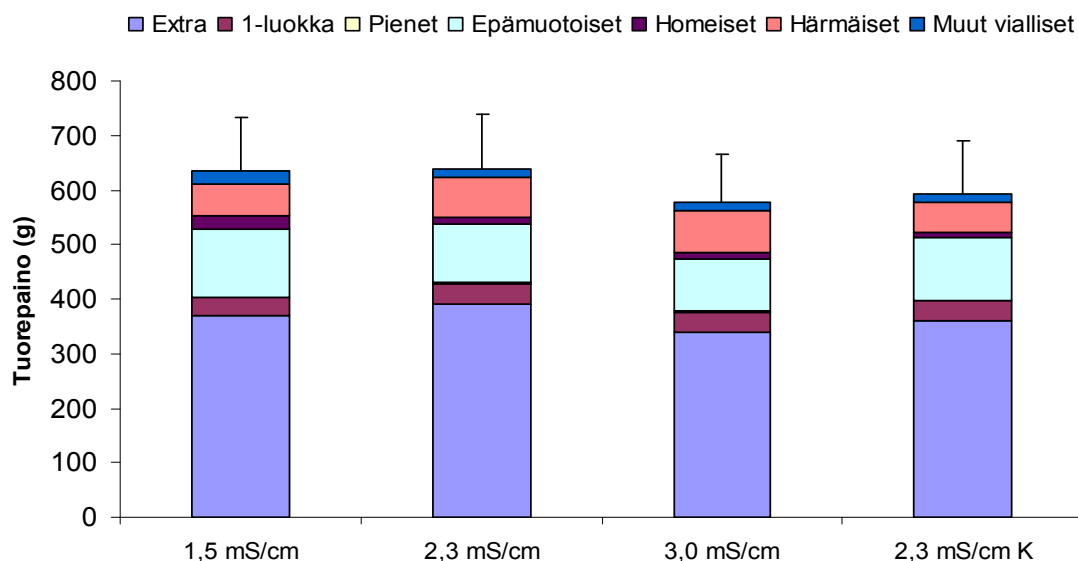
KUVA 8. Malling Opal -lajikkeen yhden taimen keskimääräinen sadonkertymä vuoden 2008 satokauden aikana eri lannoituskäsittelyillä (n = 5).



KUVA 9. Rondo-lajikkeen yhden taimen keskimääräinen sadonkertymä vuoden 2008 satokauden aikana eri lannoituskäsittelyillä (n = 5).



KUVA 10. Malling Opal -lajikkeen yhden taimen antaman sadon keskimääräinen jakautuminen laatuluokittain (n = 5). Extra luokassa olivat halkaisijaltaan yli 25 mm virheettömät marjat, 1-luokassa halkaisijaltaan 18 – 25 mm virheettömät marjat ja pienet-luokassa ovat halkaisijaltaan alle 18 mm virheettömät marjat. Pylväiden päällä olevat janat kuvaavat kokonaissadon keskihajontaa.



KUVA 11. Rondo-lajikkeen yhden taimen antaman sadon keskimääräinen jakautuminen laatuluokittain (n = 5). Extra luokassa olivat halkaisijaltaan yli 25 mm virheettömät marjat, 1-luokassa halkaisijaltaan 18 – 25 mm virheettömät marjat ja pienet-luokassa ovat halkaisijaltaan alle 18 mm virheettömät marjat. Pylväiden päällä olevat janat kuvaavat kokonaissadon keskihajontaa.

TAULUKKO 8. Yhden mansikantaimen koko satokauden satoa kuvaavien vastemuuttujien keskiarvoestimaatteja ($n = 5$). p -arvo ilmoittaa muuttujan merkitsevyystason. Vastemuuttujan eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheen.

	Lajike	Käsittely				SEM	p		
		1,5 mS/cm	2,3 mS/cm	3,0 mS/cm	2,3 mS/cm K		Lajike	Käsittely	Yhdys- vaikutus
Sato (g)	M. Opal	651,9 a	543,3 b	525,5 b	534,8 b	18,27	0,001	<0,001	0,037
	Rondo	636,5 a	638,4 a	577,2 b	593,3 ab				
Marjojen lukumäärä	M. Opal	53,0 a	47,1 b	49,1 ab	43,9 b	1,84	0,006	0,076	0,056
	Rondo	51,5	54,8	51,1	50,9				
Marjakoko (g)	M. Opal	12,3 a	11,5 b	10,7 c	12,2 ab	0,26	0,653	<0,001	0,253
	Rondo	12,4 a	11,6 ab	11,3 b	11,7 ab				
Kauppakelpoiset (%)	M. Opal	39	41	39	42	3,10	<0,001	0,468	0,974
	Rondo	63	67	65	67				
Marjojen kuivapainoprosentti	M. Opal	10,2	10,0	9,8	9,8	0,34	0,602	0,383	0,162
	Rondo	10,1 ab	9,8 b	9,7 b	10,8 a				
Satoindeksi	M. Opal	0,75 a	0,71 b	0,71 b	0,71 b	0,01	<0,001	0,070	0,007
	Rondo	0,64 b	0,65 ab	0,68 a	0,62 b				

5.5 Marjanlaatu

5.5.1 Sokeri- ja happopitoisuus

Lannoituskäsittelyllä ei ollut vaikutusta sokeripitoisuuteen (Taulukko 9). Rondo-lajikkeella oli korkeampi °Brix-arvo kuin Malling Opal –lajikkeella. Molemmilla lajikkeilla °Brix-arvo laski satokauden edetessä. Satokauden alussa Malling Opal –lajikkeella °Brix-arvo oli korkeampi käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyssä 2,3 mS/cm K. Pääsadon aikaan °Brix-arvo oli korkeampi käsittelyssä 3,0 mS/cm kuin käsittelyissä 1,5 mS/cm ja 2,3 mS/cm K. Loppusatokauden aikaan ei eroja esiintynyt.

Rondo-lajikkeella eroja °Brix-arvossa esiintyi ainoastaan loppusatokautena, jolloin °Brix-arvo oli korkeampi käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyissä 3,0 mS/cm ja 2,3 mS/cm K (Taulukko 9).

Rondo-lajikkeella oli korkeampi happopitoisuus kuin Malling Opal –lajikkeella (Taulukko 9). Sekä Malling Opal että Rondo –lajikkeella näyttivät happopitoisuudet ensin nousevan alkusatokaudesta pääsatokaudelle, jonka jälkeen ne taas laskivat loppusatokautta kohden. Molemmilla lajikkeilla eroja happopitoisuuksissa esiintyi

ainoastaan pääsatokauden aikaan. Malling Opal –lajikkeella saatiin muita korkeampi happopitoisuus käsittelyssä 3,0 mS/cm, ja Rondo-lajikkeella oli korkeampi happopitoisuus käsittelyssä 3,0 mS/cm kuin käsittelyissä 1,5 mS/cm ja 2,3 mS/cm.

Molemmilla lajikkeilla marjojen sokeri:happo -suhteella oli laskeva suuntaus satokauden alusta satokauden loppua kohti (Taulukko 9). Malling Opal –lajikkeella oli alkusatokautena korkein sokeri:happo –suhde käsittelyssä 1,5 mS/cm. Pääsatokautena eroja ei esiintynyt ja loppusatokautena sokeri:happo –suhde oli suurempi käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyssä 2,3 mS/cm.

Rondo-lajikkeella eroja sokeri:happo –suhteessa ei esiintynyt alkusatokauden aikaan, mutta pääsatokautena havaittiin suurempi sokeri:happopitoisuus – suhde käsittelyssä 2,3 mS/cm kuin käsittelyssä 3,0 mS/cm. Loppusatokautena saatiin suurempi sokeri:happo –suhde käsittelyssä 1,5 mS/cm kuin käsittelyissä 3,0 mS/cm ja 2,3 mS/cm K.

TAULUKKO 9. Malling Opal ja Rondo -lajikkeen marjojen puristemehun Brix- ja happopitoisuusprosentti sekä sokeri:happo –suhde satokauden alussa, pääsatokautena ja satokauden lopussa. '8.7 ja 15.7' sekä '20.8 ja 29.8' arvot ovat keskiarvoestimaatteja viidestä lohkoksta kahdelta analyysikerralta. '29.9' arvot ovat keskiarvoestimaatteja viidestä lohkoksta yhdeltä analyysikerralta. Happopitoisuus on esitetty laskennallisena sitruunahappopitoisuutena. SEM ilmaisee keskiarvoestimaattien keskivirheen. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$).

Lajike	Käsittely	Pvm					
		8.7. ja 15.7.		29.7.		20.8. ja 29.8.	
		Brix (%)	SEM	Brix (%)	SEM	Brix (%)	SEM
Malling Opal	1,5 mS/cm	10,71 a	0,26	9,88 b	0,25	7,13	0,23
	2,3 mS/cm	10,56 ab	0,26	9,91 ab	0,31	6,98	0,23
	3,0 mS/cm	10,53 ab	0,29	10,61 a	0,28	7,28	0,23
	2,3 mS/cm K	9,91 b	0,26	9,84 b	0,28	6,60	0,28
Rondo	1,5 mS/cm	11,11	0,34	10,36	0,25	8,76 a	0,20
	2,3 mS/cm	11,77	0,26	10,47	0,28	8,45 ab	0,18
	3,0 mS/cm	11,22	0,26	10,34	0,25	8,05 b	0,20
	2,3 mS/cm K	11,52	0,26	10,56	0,25	8,02 b	0,18
	p lajike	<0,001		0,037		<0,001	
	p käsittely	0,346		0,425		0,079	
	p yhdysvaikutus	0,121		0,166		0,236	
		Happo- pitoisuus (%) SEM		Happo- pitoisuus (%) SEM		Happo- pitoisuus (%) SEM	
Malling Opal	1,5 mS/cm	0,86	0,05	1,11 b	0,04	0,97	0,06
	2,3 mS/cm	0,93	0,05	1,07 b	0,05	0,99	0,05
	3,0 mS/cm	0,99	0,05	1,26 a	0,05	1,00	0,05
	2,3 mS/cm K	0,92	0,05	1,10 b	0,05	1,01	0,06
Rondo	1,5 mS/cm	1,28	0,06	1,36 b	0,04	1,25	0,04
	2,3 mS/cm	1,29	0,05	1,32 b	0,05	1,27	0,04
	3,0 mS/cm	1,34	0,05	1,50 a	0,04	1,35	0,04
	2,3 mS/cm K	1,29	0,05	1,42 ab	0,04	1,31	0,04
	p lajike	<0,001		<0,001		<0,001	
	p käsittely	0,332		0,002		0,531	
	p yhdysvaikutus	0,922		0,780		0,869	
		Sokeri:happo -suhde SEM		Sokeri:happo -suhde SEM		Sokeri:happo -suhde SEM	
Malling Opal	1,5 mS/cm	12,9 a	0,41	8,9	0,34	7,6 a	0,30
	2,3 mS/cm	11,4 b	0,37	9,2	0,44	7,0 ab	0,24
	3,0 mS/cm	10,7 b	0,41	8,6	0,38	7,3 ab	0,24
	2,3 mS/cm K	10,8 b	0,37	9,0	0,38	6,5 b	0,30
Rondo	1,5 mS/cm	8,8	0,47	7,6 ab	0,34	7,1 a	0,21
	2,3 mS/cm	9,2	0,37	7,9 a	0,38	6,7 ab	0,19
	3,0 mS/cm	8,5	0,37	6,9 b	0,34	6,0 c	0,21
	2,3 mS/cm K	9,0	0,37	7,5 ab	0,34	6,1 bc	0,19
	p lajike	<0,001		<0,001		0,002	
	p käsittely	0,036		0,155		0,008	
	p yhdysvaikutus	0,047		0,929		0,165	

5.5.2 Marjan mehun väri

Käsittelyt eivät vaikuttaneet Malling Opal –lajikkeen marjojen puristemehun värin vaaleuteen (L^*) (Taulukko 10). Rondo-lajikkeella oli satokauden alussa vaaleammat marjat käsittelyissä 1,5 mS/cm ja 2,3 mS/cm kuin käsittelyissä 3,0 mS/cm ja 2,3 mS/cm K. Pää- ja loppusatokautena eroja ei esiintynyt käsittelyjen välillä.

Käsittelyt eivät vaikuttaneet Malling Opal –lajikkeen marjojen puristemehun punaisuuteen (a^*) (Taulukko 10). Rondo-lajikkeella eroja esiintyi ainoastaan pääsadon aikaan, jolloin käsittelyssä 3,0 mS/cm puristemehu oli punaisempaa kuin käsittelyissä 2,3 mS/cm ja 2,3 mS/cm K.

Puristemehun keltaisuutta kuvaavassa b^* -arvossa oli Malling Opal –lajikkeella satokauden alussa suurempi arvo käsittelyssä 2,3 mS/cm kuin käsittelyissä 1,5 mS/cm ja 2,3 mS/cm K (Taulukko 10). Pää- ja loppusatokautena eroja ei esiintynyt. Rondo-lajikkeella eroja esiintyi ainoastaan loppusatokautena, jolloin käsittelyssä 3,0 mS/cm oli keltaisempi puristemehu kuin käsittelyssä 2,3 mS/cm K.

TAULIKKO 10. Malling Opal ja Rondo -lajikkeen marjan puristemehun vaaleutta (L), punaisuutta (a*) ja keltaisuutta (b*) kuvaavat arot L*a*b* -värimaailmassa, satokauden alussa, pääsädön aikaan ja satokauden lopussa. '8.7 ja 15.7' sekä '20.8 ja 29.8' arvot ovat keskiarvoestimaatteja viidestä lohkoista kahdelta analyysikerralta. '29.9' arvot ovat keskiarvoestimaatteja viidestä lohkoista yhdeltä analyysikerralta. SEM ilmaisee keskiarvoestimaattien keskivirheen. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$).

Lajike	Käsittely	Pvm					
		8.7. ja 15.7.		29.7.		20.8. ja 29.8.	
		L*	SEM	L*	SEM	L*	SEM
Malling Opal	1,5 mS/cm	17,35	0,23	17,25	0,06	16,33	0,08
	2,3 mS/cm	17,33	0,23	17,56	0,08	17,95	0,08
	3,0 mS/cm	17,34	0,23	18,17	0,07	17,15	0,08
	2,3 mS/cm K	17,11	0,23	16,81	0,07	16,89	0,10
Rondo	1,5 mS/cm	16,23 a	0,26	15,51	0,06	15,66	0,07
	2,3 mS/cm	16,25 a	0,21	16,24	0,07	15,97	0,06
	3,0 mS/cm	15,55 b	0,21	15,57	0,06	16,49	0,07
	2,3 mS/cm K	15,56 b	0,21	15,51	0,06	15,42	0,06
	<i>p</i> lajike	<0,001		<0,001		0,018	
	<i>p</i> käsittely	0,091		0,438		0,364	
	<i>p</i> yhdysvaikutus	0,298		0,587		0,670	
		a*	SEM	a*	SEM	a*	SEM
Malling Opal	1,5 mS/cm	4,68	0,29	5,63	0,06	3,90	0,12
	2,3 mS/cm	4,27	0,29	5,72	0,07	3,49	0,12
	3,0 mS/cm	5,05	0,33	5,65	0,06	3,89	0,12
	2,3 mS/cm K	4,33	0,29	5,28	0,06	4,08	0,15
Rondo	1,5 mS/cm	6,30	0,38	6,32 ab	0,06	5,14	0,10
	2,3 mS/cm	6,23	0,29	5,65 b	0,06	5,41	0,09
	3,0 mS/cm	6,08	0,29	6,92 a	0,06	6,45	0,10
	2,3 mS/cm K	6,72	0,29	5,80 b	0,06	5,81	0,09
	<i>p</i> lajike	<0,001		0,010		<0,001	
	<i>p</i> käsittely	0,715		0,089		0,451	
	<i>p</i> yhdysvaikutus	0,174		0,244		0,669	
		b*	SEM	b*	SEM	b*J5	SEM
Malling Opal	1,5 mS/cm	0,75 b	0,48	1,28	0,60	1,76	0,58
	2,3 mS/cm	2,50 a	0,48	2,11	0,77	0,45	0,58
	3,0 mS/cm	2,10 ab	0,53	2,51	0,67	1,88	0,58
	2,3 mS/cm K	1,07 b	0,48	1,46	0,67	1,95	0,71
Rondo	1,5 mS/cm	2,91	0,61	3,07	0,60	2,98 ab	0,50
	2,3 mS/cm	2,29	0,48	2,40	0,67	2,73 ab	0,45
	3,0 mS/cm	1,77	0,48	2,62	0,60	3,34 a	0,50
	2,3 mS/cm K	2,78	0,48	2,14	0,60	1,64 b	0,45
	<i>p</i> lajike	0,028		0,132		0,008	
	<i>p</i> käsittely	0,668		0,695		0,228	
	<i>p</i> yhdysvaikutus	0,040		0,544		0,175	

5.5.3 Marjan kiinteys

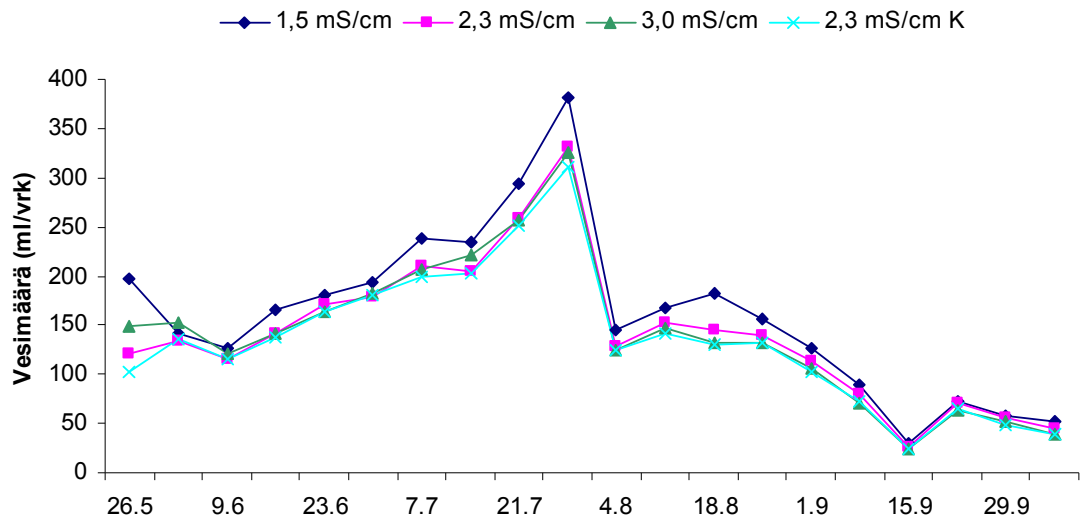
Malling Opal –lajikkeella esiintyi eroja marjojen kiinteydessä ainoastaan pääsadon aikaan, alku- ja loppusatokautena eroja ei ollut. Pääsatokautena käsittelyssä 3,0 mS/cm oli kiinteämmät marjat kuin käsittelyssä 1,5 mS/cm (Taulukko 11). Rondo-lajikkeella ei ollut eroja marjojen kiinteydessä käsittelyjen välillä.

TAULUKKO 11. Malling Opal ja Rondo -lajikkeen marjan kiinteys ilmaistuna puristumurtolujuuden maksimiarvona satokauden alussa, pääsadon aikaan ja satokauden lopussa. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat lajikkeittain toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). SEM ilmoittaa keskiarvoestimaattien keskivirheen.

Lajike	Käsittely	Pvm					
		8.7. ja 15.7.		29.7.		20.8. ja 29.8.	
		Max load (N)	SEM	Max load (N)	SEM	Max load (N)	SEM
Malling Opal	1,5 mS/cm	1,99	0,11	1,81 b	0,13	2,35	0,09
	2,3 mS/cm	2,00	0,11	2,05 ab	0,16	2,16	0,09
	3,0 mS/cm	2,07	0,11	2,27 a	0,14	2,35	0,09
	2,3 mS/cm K	2,02	0,11	1,98 ab	0,14	2,23	0,11
Rondo	1,5 mS/cm	1,76	0,13	2,06	0,13	1,89	0,08
	2,3 mS/cm	1,98	0,11	2,00	0,14	1,92	0,07
	3,0 mS/cm	1,85	0,11	1,91	0,13	1,76	0,08
	2,3 mS/cm K	1,84	0,11	2,13	0,13	1,88	0,07
	p lajike	0,016		0,985		<0,001	
	p käsittely	0,601		0,617		0,771	
	p yhdysvaikutus	0,594		0,101		0,190	

5.6 Veden otto ja ravinnepäästöt

Kasvien veden otto oli suurin alimmalla johtokyvyllä (Kuva 12). Ylivaluntavesimäärä oli siten pienin tässä käsittelyssä (Taulukko 12). Valumaveden mukana poistui typpeä ja fosforia korkeimman johtokyvyn käsittelyssä yli 2,5 -kertainen määrä alimman johtokyvyn käsittelyyn verrattuna (Taulukko 12).



KUVA 12. Yhden mansikantaimen ottama vesimäärä millilitroissa päivässä eri lannoituskäsittelyissä. Arvot ovat viikon pituisten ajanjaksojen kerran päivässä mitattujen vesimäärien keskiarvoja (n = 6).

TAULUKKO 12. Yhden mansikantaimen ylivaluman vesimäärä, valumaveden mukana poistuneet nitraatin sisältämä typpimäärät ja fosfaatin sisältämä fosforimäärät koko kasvukauden ajalta sekä valumaveden keskimääräinen pH (n = 78).

Käsittely	Kastelu (l)	Valunta (l)	N (mg)	P (mg)	pH
1,5 mS/cm	35,6	13,3	3273	396	6,6
2,3 mS/cm	35,1	15,3	6060	857	6,3
3,0 mS/cm	35,1	15,4	8354	1031	5,9
2,3 mS/cm K	34,5	15,6	5790	932	6,2

6 TULOSTEN TARKASTELU

Kasteluveden johtokykyyn vaikuttavat vedessä olevien ionien määrä ja ionien sähkövaraus. Koska käsittelyjen välinen ero johtokyvyissä saatiin pääasiassa vaihtelemalla N, K ja Ca -pitoisuuksia lannoitevedessä, on vaikea sanoa kuinka paljon erot tuloksissa johtuivat johtokyvystä ja kuinka paljon eri ravinteiden pitoisuuksien vaihtelusta. Myös kationien väliset suhteet vaikuttavat tuloksiin, koska ne kilpailevat keskenään kasvin ravinteiden otossa.

6.1 Kasvu

Kokeessa saatiin voimakkain vegetatiivinen kasvu sekä kokeen lopussa että satokauden keskellä puretuista taimista alhaisella johtokyvyllä. Todennäköisesti korkea johtokyky alkoi rajoittaa kasvin veden ottoa, mikä näkyi heikompana kasvuna. Tulokset ovat yhdenmukaisia Andriolon ym. (2009) tutkimuksen kanssa, jossa tutkittiin johtokykyjen 0,9 – 3,8 mS/cm vaikutuksia satoon ja kasvuun. He havaitsivat suurimman kasvullisten osien kuivapainon sekä suurimman lehdistön pinta-alan kasteluveden johtokyvyllä 1,8 mS/cm. Sekä kasvullisten osien kuivapaino että lehdistön pinta-ala pienenevät johtokyvyn noustessa. Heidän kokeessaan kasvu alkoi myös rajoittua johtokyvyllä 0,9 mS/cm. Myös Hunterin ja Morganin (1989) kokeessa lehtien pinta-ala ja lukumäärä pieneni johtokyvyllä 0,7 mS/cm verrattuna johtokykyyn 1,4 mS/cm. Piikkiön tutkimuksessa ei testattu niin alhaisia johtokykyjä, joten tässä kokeessa ei selvinnyt miten alhaiset johtokyvyt alkavat rajoittaa kasvua. Samanlaisia tuloksia on saatu myös ahomansikalla (*Fragaria vesca* L.) kokeessa, jossa tutkittiin johtokykyjen 1,3 – 2,2 mS/cm vaikutuksia ahomansikan satoon ja kasvuun (Caruso ym. 2004). Heidän kokeessaan kasvin kuivapaino ja lehdistön pinta-ala olivat suurimmat johtokyvyllä 1,3 mS/cm. Sekä kuivapaino että pinta-ala laskivat suhteessa johtokyvyn nousuun.

Rönsyjen lukumäärässä ei esiintynyt eroja eri johtokykykäsittelyissä, mutta aikaisemmassa kokeessa Hunter ja Morgan (1989) saivat huomattavasti enemmän rönsyjä johtokyvyllä 1,4 mS/cm kuin johtokyvyllä 0,7 mS/cm.

Tyyppi vaikuttaa hyvin paljon vegetatiiviseen kasvuun. Tässä kokeessa kasteluveden typpipitoisuus oli suhteellisen runsasta (164 g/l) jo alimmassa johtokykykäsittelyssä, eikä typpipitoisuuden nosto lisännyt kasvua. Käytettäessä

alempia typpipitoisuuksia on muissa tutkimuksissa saatu voimakkaampi kasvu nostamalla typpipitoisuutta kasteluvedessä. Acuña-Maldonadon ja Prittsin (2008) kokeessa taimen kuivapaino nousi suhteessa kasteluveden typpipitoisuuden nousuun, kun he testasivat typpipitoisuuksia välillä 0 ja 280 mg/l. Myös Castro ym. (2005) havaitsivat suuremman lehtialan, taimen korkeuden ja kuivapainon korkeammalla kasteluveden typpipitoisuudella verratessaan pitoisuuksia 131 mg/l ja 186 mg/l. Alemmalla pitoisuudella esiintyi puutosoireita lehdissä. Samansuuntaisia tuloksia saivat myös Cárdenas-Navarro ym. (2004) typpipitoisuuden vaihdellessa kasteluvedessä välillä 0 ja 420 mg/l. Kasvin kuivapainot olivat suurimmat korkeimmilla typpipitoisuuksilla 126 ja 420 mg/l. Typen on aikaisemmissa tutkimuksissa huomattu lisäävän erityisesti rönsyjen kasvua (Hunter ja Morgan, 1989). Hunter ja Morgan (1989) vertasivat eri kasteluveden typpitasoja välillä 38 – 140 mg/l johtokyvyn pysyessä vakiona 1,4 mS/cm ja eniten rönsyjä he saivat typpipitoisuudella 140 mg/l.

N:K –suhde ei vaikuttanut kasvuun ja tulos on yhdenmukainen López-Galarzan ym. (2001) tutkimuksen kanssa. López-Galarzan ym. (2001) kokeessa $K_2O:N$ –suhteen vaihtelu välillä 0,9 ja 1,9 ei aiheuttanut eroja lehtilukumäärässä, juurakon haarojen lukumäärässä tai lehtipinta-alassa. Heidän kokeessaan ainoa ero kasvussa oli pidemmät lehtiruodit $K_2O:N$ –suhteella 1,9.

Tässä kokeessa kasvu oli voimakkainta käsittelyissä, jossa oli alhaisin kaliumlannoitus. Tulos tukee López-Galarza ym. (2003) tutkimustuloksia kokeesta, jossa he tutkivat kasteluveden kationisuhteita. Heidän kokeessaan suurin lehtiala ja kasvin kuivapaino havaittiin alhaisilla, 88 mg/l kaliumpitoisuuksilla, kun he vaihtelivat kaliumpitoisuuksia välillä 88 ja 469 mg/l. Kasvu oli López-Galarzan ym. (2003) kokeessa hyvä sekä korkeilla että matalilla kalsium- ja magnesiumpitoisuuksilla, kun kaliumpitoisuus oli alhainen. Myös Lieten (2006) tutki kasteluveden kationisuhteita. Hänen kokeessaan K:Ca:Mg -suhteiden muutoksilla oli vaikutusta kasvuun ainoastaan kalsiumin puuttuessa kokonaan.

Pystyjuurakon haarojen lukumäärissä, joka suoraan vaikuttaa kukkavanojen ja siten sadon määrään, ei ollut eroja satokauden keskellä tai lopussa puretuissa taimissa. Tulos tukee Minerin ym. (1997) avomaalla tehtyä typpi- ja kaliumlannoituskokeen tuloksia. Heidän kokeessaan kalium- ja typpilannoituksen määrä ei vaikuttanut pystyjuurakon haarojen lukumäärään.

Lehtien SPAD-arvo kuvaa lehtien klorofyllipitoisuutta. SPAD-arvo kertoo myös lehden typpipitoisuuden (Güler ym. 2006a, 2006b). Tässä kokeessa havaittiin hyvä korrelaation SPAD-arvon ja lehden typpipitoisuuden välillä Gülerin ym. (2006a, 2006b)

kokeiden mukaisesti. Käsittelyissä, joissa esiintyi eroja, enemmän typpeä saaneilla taimilla oli korkeammat SPAD-arvot kuin vähemmän typpeä saaneilla taimilla, joten lannoituksen lisääminen lisäsi lehtien klorofyllipitoisuutta. Lehden iällä on suuri vaikutus klorofyllipitoisuuteen ja fotosynteesiin (Carlen ym. 2009, Choi ja Latigui 2008). Vanhemmissa lehdissä on yleensä enemmän klorofylliä. Tässä kokeessa pyrittiin mittaamaan samanikäisiä lehtiä, joten lehtien iästä johtuvaa eroa ei pitäisi näkyä tuloksissa. Tosin ensimmäisessä mittauksessa kasvu ei ollut lähtenyt vielä kunnolla käyntiin, joten mahdollisesti ensimmäisessä mittauksessa mitattiin hieman hitaammin kasvaneita vanhempia lehtiä kuin taas myöhemmissä mittauksissa mitattiin nopeasti kasvaneita hieman nuorempia lehtiä. SPAD-arvo laski molemmilla lajikkeilla pääsadon aikaan, mikä mahdollisesti voi johtua suuremmasta ravinneaineiden kulkeutumisesta marjoihin lehtien sijasta.

6.2 Lehtien mineraalipitoisuudet

Erot pitoisuuksissa olivat usealla mineraalilla suuremmat lajikkeiden kuin käsittelyjen välillä, mikä vastaa myös Daugaardin (2007) havaintoja. Lehtien typpi-, fosfori-, kalium-, magnesium-, kalsium- ja sinkkipitoisuudet eri käsittelyissä vastasivat suhteellisen hyvin aikaisempia pitoisuussuosituksia (Taulukko 1). Mangaani- ja rautapitoisuudet olivat hieman korkeammat ja kuparipitoisuudet matalammat verrattuna Amalioisin ym. (2002) tuloksiin. Tämän kokeen tulokset vastasivat myös Kanadassa julkaistuja lehtien pitoisuussuosituksia kuparia lukuun ottamatta (APASCC 2000). Kanadalaisissa suosituksissa on annettu huomattavasti suurempi vaihteluväli raudalle ja mangaanille kuin Amalioisin ym. (2002) tuloksissa.

Tässä tutkimuksessa ravinnepitoisuuksien nosto kasteluvedessä ei juuri lisännyt lehtien ravinnepitoisuuksia, mikä tukee sitä käsitystä, että ravinteiden anto yli kasvin ravinteiden tarpeen ei lisää kasvin ravinteiden ottoa. Tosin typpeä kasvit voivat ottaa yli oman tarpeensa. Aikaisemmissa tutkimuksissa käytettäessä alempia ravinnepitoisuuksia kasteluvedessä on havaittu mineraalipitoisuuksien nousua lehdissä lisättäessä lannoitusta. Papadopoulos (1987) havaitsi lehtilapojen typpipitoisuuden nousevan arvosta 3,8 % arvoon 4,0 % nostaessaan kasteluveden typpipitoisuutta pitoisuudesta 50 mg/l pitoisuuteen 150 mg/l. Myös avomaakokeessa on havaittu lehtien typpipitoisuuden nousevan lähes lineaarisesti suhteessa typpilannoitukseen (Hochmuth ym. 1996).

Lisjakin ym. (2008) kasvihuonekokeessa lehtien kaliumpitoisuus nousi pitoisuudesta 21,5 mg/kg pitoisuuteen 23,1 – 27,5 g/kg (riippuen lannoiteaineesta), kun kasvin saama kaliummäärä nostettiin 1,1 grammasta 2,6 grammaan. Albregtsin ym. (1991) tekemässä avomaakokeessa kaliumlannoituksen lisääminen peruslannoituksessa nosti lehtien kaliumpitoisuutta kaliumköyhässä maassa, mutta luonnostaan kaliumrikkaassa maassa tätä vaikutusta ei havaittu. Myös avomaan tippukastelukokeessa Albregts ym. (1996) havaitsivat korkeamman kaliumlannoituksen lisäävä lehtien kaliumpitoisuuksia.

Tässä kokeessa ei havaittu kalsiumpitoisuuden nousun kasteluvedessä lisäävän lehtien kalsiumpitoisuutta, vaikka aikaisemmassa kokeessa on havaittu kalsiumlannoituksen lisäämisen nostavan lehtien kalsiumpitoisuutta. Dunnin ja Ablen (2006) kokeessa lehtien kalsiumpitoisuudet nousivat arvosta 6 g/kg arvoon 17 g/kg, kun kasvualustan kalsiumpitoisuutta nostettiin pitoisuudesta 425 mg/kg pitoisuuteen 5520 mg/kg. Kalsiumin suhteen Castro ym. (2005) ja Lieten (2006) saivat ristiriitaisia tuloksia verrattuna Almalotisin ym. (2002), Daugaardin (2007) ja APASCC:n (2000) suositukseen. Castro ym. (2005) havaitsivat kalsiumin puutosoireita lehdissä kalsiumpitoisuuksilla 12,2 g/kg ja Lietenin (2006) kokeessa lehtien puutosoireet tulivat näkyviin pitoisuuden ollessa alle 15 g/kg. Kalsiumin puute ilmenee uusien lehtien kärkevöitymisenä (López-Galarza ym. 2003) ja tässä kokeessa oli havaittavissa lehtien kärkien vaurioitumista, vaikka asiaa ei tarkemmin havainnointu. Taimet todennäköisesti kärsivät kalsiumin puutteesta vaikka kasteluvedessä oli paljon kalsiumia tarjolla. Tämä vahvistaa käsitystä, että kalsium on huonosti kasvissa liikkuva ravinne (Dunn ja Able 2006, Lieten ja Misotten 1993).

Tässä tutkimuksessa ainoastaan mangaani- ja rautapitoisuus nousivat suhteessa pitoisuuksien nousuun kasteluvedessä. Tulokset ovat yhdenmukaisia Lietenin (2004) tutkimuksen kanssa, jossa Elsanta-lajikkeen lehtien mangaanipitoisuudet nousivat arvosta 9 mg/kg arvoon 1592 mg/kg kasteluveden mangaanipitoisuuden noustessa pitoisuudesta 0 mg/kg pitoisuuteen 19,8 mg/l. Lietenin (2000) kokeessa lehtien rautapitoisuudet nousivat suhteessa kasteluveden rautapitoisuuksiin. Paras sato saatiin lehtien rautapitoisuuden ollessa 50-70 mg/kg. Suurempi pitoisuus ei nostanut sadon määrää. Lietenin (2000) mukaan korkea rautapitoisuus voi aiheuttaa toksisuusoireita. Tässä kokeessa lehtien rautapitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat kuin Lietenin (2000) kokeessa, käsittelyssä 3,0 mS/cm lehtien rautapitoisuudet nousivat yli 150 mg/kg, mikä voi osittain vaikuttaa kyseisen käsittelyn antamaan alempaan satoon.

Castron ym. (2005) tulokset ovat ristiriidassa Lietenin (2000) tulosten kanssa, koska he saivat näkyviin raudan puutosoireita lehtien rautapitoisuuden ollessa 346 mg/kg.

Kokeessa havaitut Rondo-lajikkeen lehtien sinkkipitoisuudet (17-19 mg/kg) olivat lähellä pitoisuuksia, jotka aiheuttivat puutosoireita Lietenin (1997, 2003b) tekemissä tutkimuksissa Elsanta-lajikkeella. Hänen kokeessaan sato pieneni ja mansikan marjassa ilmeni kehityshäiriöitä kun lehtien sinkkipitoisuus laski alle 20 mg/kg. Tässä kokeessa ei havaittu sinkin puutokseen viittaavia oireita.

Tuloksissa oli havaittavissa kationien välistä kilpailua käsittelyissä 2,3 mS/cm ja 2,3 mS/cm K. Korkea kaliumpitoisuus kasteluvedessä käsittelyssä 2,3 mS/cm K vähensi varsinkin lehtien mangaanipitoisuuksia verrattuna käsittelyyn 2,3 mS/cm.

6.3 Sato

Satotaso oli kummallakin lajikkeella kaikissa käsittelyissä erittäin korkea. Jos avomaalla yksi mansikantaimi olisi tuottanut yhtä suuren sadon kuin tässä kokeessa ja taimitiheys olisi 35 000 taimea hehtaarilla, niin kokonaissato olisi 18 400 – 22 800 kg/ha. Vuonna 2009 mansikan keskimääräinen sato avomaalla oli noin 4000 kg/ha (Puutarhatilastot 2009). Suurimmat sadot saatiin alimmilla johtokyvyillä, mutta lajikkeiden välillä oli hieman eroja optimaalisen johtokyvyn suhteen. Marjakoko oli molemmilla lajikkeilla kaikissa käsittelyissä erinomainen. Lähes kaikki marjat olivat kooltaan ekstra luokan marjoja (halkaisija yli 25 mm). Suurimmat marjat oli Malling Opal –lajikkeella alimmalla 1,5 mS/cm johtokyvyllä ja Rondo-lajikkeella johtokyvyillä 1,5 mS/cm ja 2,3 mS/cm. Tulos on yhdenmukainen usean muun tutkimuksen kanssa, joissa sadon määrän kannalta optimaaliseksi johtokyvyksi on määritelty noin 1-2 mS/cm riippuen lajikkeesta ja kasvuympäristöstä (Andriolo ym. 2009, Hunter ja Morgan 1989, Lieten 2003a, Sarooshi ja Cresswell 1994, Verheul ja Grimstad 2002). Brasiliassa tehdyssä kokeessa saatiin suurin sato sekä suurimmat marjat johtokyvyllä 0,9 mS/cm ja sato laski johtokyvyn noustessa (Andriolo ym. 2009). Hunter ja Morgan (1989) vertasivat kokeessaan johtokykyjä 0,7 mS/cm ja 1,4 mS/cm ja sato oli yli 30 % suurempi alemmalla johtokyvyllä. Myös keskimääräinen marjakoko sekä marjojen lukumäärä olivat suuremmat alemmassa johtokyvyssä. Sarooshi ja Cresswell (1994) saivat suurimman sadon sekä marjojen lukumäärän tasaisella johtokyvyllä 2 mS/cm, vertaillessaan ja vaihdellessaan johtokykyjä välillä 2 mS/cm ja 4 mS/cm. Suurimmat marjat he saivat laskiessaan johtokykyä arvosta 3,0 mS/cm arvoon 2 mS/cm aikaisessa

raakilevaiheessa. Verhaul ja Grimstad (2002) vertasivat Norjassa johtokykyjä 1, 2 ja 4 mS/cm ja heidän kokeessaan suurin sato tuli johtokyvyllä 2 mS/cm, mutta marjakoko oli suurin johtokyvyllä 1 mS/cm. Mansikan marja koostuu pääosin vedestä, joten helppo ja siten suurempi veden otto kasteluveden alhaisella johtokyvyllä on todennäköisesti syynä suurempaan marjakokoon.

Tässä tutkimuksessa suurin sato Malling Opal -lajikkeella saatiin käsittelyssä 1,5 mS/cm, jossa oli alhaisin typpipitoisuus (noin 165 mg/l) ja Rondo antoi eniten satoa typpipitoisuuksilla 165 ja 255 mg/l. Aikaisemmissa tutkimuksissa on suurin sato saatu typpipitoisuuksilla 100 mg/l (Papadopoulos 1987) ja 140 mg/l (Acuña-Maldonado ja Pritts 2008). López-Galarza ym. (2001) tutkivat kokeessaan K₂O/N –suhdetta, mutta tuloksista ilmeni myös, että kasteluveden typpipitoisuus 168 mg/l antoi suuremman myyntikelpoisen sadon kuin pitoisuus 261 mg/l. Myös avomaalla tehdyt tippukastelukokeet vahvistavat tulosta, että mansikka vaatii vain vähän typpeä ja typpilannoitus nostaa satoa tiettyyn pitoisuuteen asti, joka jälkeen lisätyppi laskee satoa tai ei vaikuta satomäärään (Hochmuth ym. 1996, Miner ym. 1997).

Kaliumpitoisuus kasteluvedessä nousi johtokyvyn noustessa. Alimmissa johtokykykäsittelyissä, jotka antoivat suurimmat sadot, oli myös alimmat kaliumpitoisuudet. Käsittelyssä 1,5 mS/cm kaliumpitoisuus kasteluvedessä oli noin 220 mg/l, käsittelyssä 2,3 mS/cm pitoisuus oli noin 345 mg/l, käsittelyssä 3,0 mS/cm pitoisuus oli noin 470 mg/l ja käsittelyssä 2,3 mS/cm K pitoisuus oli noin 370 mg/l. Vaikka suurin osa taimen ottamasta kaliumista päätyy marjaan (Lieten ja Misotten 1993, Tagliavini ym. 2004), niin lisäkaliumin anto ei ole aikaisemmissa tutkimuksissa lisännyt satoa tai sadon määrä on jopa vähentynyt. Tagliavinin ym. (2004) mukaan mansikka ottaa suurimman osan kaliumista kukkimisen aikana ja marjaan päätyvä kalium on pääasiassa remobilisoitunut muista kasvinosista. Tämän perusteella kypsyemisvaiheessa nostettu kaliumpitoisuus täyttää vajetta muissa kasvinosissa ja vaikuttaa siten todennäköisesti lyhyenpäivän mansikoilla enemmän seuraavan vuoden satoon ja jatkuvasatoisilla loppukauden satoon. Lisjakin ym (2008) kokeessa tutkittiin erilaisten kaliumlannoitusten vaikutusta ja suurin sato saatiin kontrollitaimista, jotka saivat kasvukauden aikana 1,13 g kaliumia per taimi. Muissa käsittelyissä taimi sai 2,64 g kaliumia. López-Galarza ym. (2003) tutkivat erilaisia kalsium-, kalium- ja magnesiumsuhteita kasteluvedessä eivätkä havainneet kaliumpitoisuuden vaihtelun 88 mg/l ja 469 mg/l välillä vaikuttavan sadon määrään tai marjakokoon. Lieten (2006) havaitsi kaliumpitoisuuden noston suhteessa kalsiumiin alentavan satoa ja pienentävän marjakokoa. Tutkiessaan K₂O:N –suhteen vaikutusta satoon López-Galarza ym. (2001)

nostivat kaliumpitoisuuden kasteluvedessä 196 mg/l pitoisuuteen 265 mg/l, mikä ei vaikuttanut satoon. Myöskään marjakoossa ei esiintynyt eroja. Avomaalla tehdyt tippukastelukokeet tukevat tulosta, että kaliumilla ei juuri ole vaikutusta sadon määrän (Albregts ym. 1996). Tosin avomaakokeessa, jossa maassa oli puutetta kaliumista, saatiin positiivinen vaste sadossa kaliumlannoituksella (Albregts ym. 1991).

Tässä kokeessa N:K –suhteen muutos, joka lisäsi kasteluveden kaliumpitoisuutta kypsymissivaiheessa, ei vaikuttanut sadon määrään. Myöskään Sarooshi ja Cresswell (1994) eivät havainneet N:K- suhteen muutoksilla olevan vaikutusta sadon määrään, kun he taas nostivat N:K –suhdetta arvosta 1:1,7 arvoon 1:1,4.

Toinen kationi, jonka pitoisuus kasteluvedessä vaihteli paljon käsittelyjen välillä, oli kalsium. Alimmassa johtokykykäsittelyssä kalsiumpitoisuus oli keskimäärin 124 mg/l, käsittelyssä 2,3 mS/cm pitoisuus oli noin 190 mg/l, käsittelyssä 3,0 mS/cm pitoisuus oli noin 250 mg/l ja käsittelyssä 2,3 mS/cm K kalsiumpitoisuus oli noin 175 mg/l. Aikaisemmissa tutkimuksissa kalsiumpitoisuuden nosto on pääasiassa lisännyt sadon määrää. Lieten (2006) havaitsi kasteluveden kalsiumpitoisuuden laskun alle 80 mg/l pienentävän sadon määrää, marjakokoa ja marjojen lukumäärää. López-Galarza ym. (2003) saivat suurimmat sadot korkeilla kalsiumpitoisuuksilla (142 mg/l ja 240 mg/l), riippumatta kasteluveden kalium- tai magnesiumpitoisuuksista. Marjakokoon pitoisuuksilla ei ollut vaikutusta. Toisaalta kalsiumin kerääntymisen kierrätettävään kasteluveteen on havaittu rajoittavan satoa vähentämällä marjojen lukumäärää, kun kalsiumpitoisuus vedessä nousi yli 90 mg/l (Raynal Lacroix ym. 2009).

Lieten (2006) sai suurimmat sadot ja suurimmat marjat K:Ca:Mg -kationi suhteilla 2:4,5:1, 5:3:1 ja 5:2:2. Piikkiössä tehdyssä kokeessa käsittelyn 1,5 mS/cm K:Ca:Mg –suhde 6,2:3,4:1 vastasi parhaiten Lietenin kokeen ravinnesuhteita. Muissa käsittelyissä kaliumin osuus nousi kalsiumiin ja magnesiumiin nähden.

Suurin syy kauppakelpoisten marjojen pieneen osuuteen Malling Opal -lajikkeella oli härmäisten marjojen suuri määrä. Kokeen aikana härmän torjumiseen käytettävien rikittimien toiminnassa oli häiriöitä, mikä todennäköisesti lisäsi härmäisten marjojen osuutta.

Homeisten marjojen suhteen Rondolla näytti olevan suuntaus, että johtokyvyn nosto laskee homeisten marjojen osuutta. Tähän syynä on todennäköisesti taimien rehevämpi kasvu alemmilla johtokyvyillä, mikä lisäsi hometartuntoja. Rondolla esiintyi myös suhteellisen paljon epämuotoisia ja varsinkin kärjestä haljenneita marjoja.

Sadon ajoitukseen eri käsittelyt eivät vaikuttaneet ja kypsyminen alkoi eri lannoitekäsittelyillä samaan aikaan. Lannoituksen vaikutusta sadon

kypsymisajankohtaan ei ilmeisesti ole myöskään raportoitu aikaisemmissa tutkimuksissa.

6.4 Marjanlaatu

Malling Opal ja Rondo –lajike kypsyivät eri lailla. Malling Opal -lajikkeen marja kypsyi kauttaaltaan suhteellisen tasaisesti. Keskikesällä lämpimimpään aikaan Rondo-lajikkeen marja kypsyi epätasaisesti: marjan kärki oli vielä vaalea samalla kun marjan ylempi osa alkoi olla ylikypsä. Tämä vaikeutti Rondo-lajikkeen yksittäisten marjojen parhaan poimimisajankohdan määrittämistä, sekä mahdollisesti vaikutti pääsadon aikaan tehdyn laatuanalyysin tuloksiin.

6.4.1 Sokeri- ja happopitoisuus

Lajikkeella on suuri vaikutus marjan sisältämien sokerien ja happojen määrään (Alavoine ja Crochon 1989, Kallio ym. 2000) kuten myös kasvulämpötilalla (Wang ja Camp 2000). Useissa tutkimuksissa on selvitetty myös kasvin saamien ravinteiden vaikutusta marjan sisältämiin sokeri- ja happopitoisuuksiin (Andriolo ym. 2009, Caruso ja Villari 2003, Hunter ja Morgan 1989, MacNaeidhe 2001)

Malling Opal -lajikkeen alkukauden sekä Rondo-lajikkeen alku- ja keskikauden °Brix-arvot vastaavat hyvin Suomessa aurinkoisena kesänä avomaalla saatuja °Brix-arvoja Jonsok, Korona, 'Polka, Honeoye ja Bounty –lajikkeilla (Kallio ym. 2000). Kun taas Mallin Opal -lajikkeen keski- ja loppukauden sekä Rondo-lajikkeen loppukauden °Brix-arvot muistuttavat enemmän Suomessa viileänä kesänä saatuja arvoja.

Malling Opal -lajikkeen titrattavat happopitoisuudet vastasivat hyvin Suomessa avomaalla saatuja pitoisuuksia, kun taas Rondo-lajikkeen happopitoisuudet olivat hieman korkeammat kuin Suomessa avomaalla mitatut pitoisuudet (Kallio ym. 2000).

Erityisesti makeuden ja hapokkuuden suhde kuvaa marjan makua. Sokeri:happo –suhteelle on voitu antaa karkeat rajat, ja suhteella 8 – 11 on saatu parhaimman makuiset marjat, jos sokeripitoisuus on tarpeeksi korkea (MacNaeidhe 2001). Tässä kokeessa Malling Opal -lajikkeen sokeri:happo –suhde sijoittui satokauden alussa ja

keskellä MacNaeidhen suosittelujen rajojen sisäpuolelle. Rondolla ainoastaan satokauden alussa marjojen sokeri:happo -suhde oli suositusten rajoissa.

Tässä kokeessa havaittu liukoisen kuiva-ainepitoisuuden ($^{\circ}\text{Brix}$) laskua kauden edetessä on havaittu myös aikaisemmissa tutkimuksissa. Floridassa, jossa tuotetaan mansikoita joulukuun alusta maaliskuun loppuun, on päätelty $^{\circ}\text{Brix}$ -arvon laskun kasvukauden loppua kohden johtuvan pääasiassa lämpötilan noususta kasvukauden edetessä (MacKenzie ja Chandler 2009). Myös Wang ja Camp (2000) havaitsivat lämpötilan nousun pienentävän marjan $^{\circ}\text{Brix}$ -arvoa. Piikkiössä tehdyssä kokeessa lämpötila nousi keskikesää kohden, jonka jälkeen se taas laski, joten $^{\circ}\text{Brix}$ -arvon muutos ei pelkästään johdu lämpötilan muutoksista. Todennäköisesti säteilymäärän lasku syksyllä alensi fotosynteesissä muodostuvien yhteyttämistuotteiden eli sokerien määrää. Toisaalta Miner ym. (1997) havaitsivat avomaakokeissa $^{\circ}\text{Brix}$ -arvon nousevan kauden edetessä.

Kasteluveden johtokyvyn vaikutusta marjan $^{\circ}\text{Brix}$ -arvoon on vaikea havaita tuloksista. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu johtokyvyn nousun nostavan $^{\circ}\text{Brix}$ -arvoa. Tässä kokeessa pääsadon aikaan molemmilla lajikkeilla havaittu marjan happopitoisuuden nousua kasteluveden johtokyvyn noustessa, on raportoitu useassa aikaisemmassa tutkimuksessa. Hunterin ja Morganin (1989) kokeessa $^{\circ}\text{Brix}$ -arvo ja happopitoisuus olivat korkeammat kasteluveden johtokyvyllä 1,4 mS/cm kuin 0,7 mS/cm. Samoin Andriolo ym. (2009) havaitsivat sekä $^{\circ}\text{Brix}$ -arvon että kokonaishappopitoisuuden nousevan suhteessa kasteluveden johtokyvyn nousuun tutkiessaan johtokyvyn vaikutuksia välillä 0,9 mS/cm ja 3,8 mS/cm. Samansuuntaisia tuloksia saivat myös Caruso ja Villari (2003) johtokyvyillä 1,0 - 2,4 mS/cm. Johtokyvyn nosto raakilevaiheessa arvosta 2,0 mS/cm arvoon 4,0 mS/cm suurensivat sekä $^{\circ}\text{Brix}$ -arvoa että happopitoisuutta verrattuna tasaiseen 2,0 mS/cm johtokykyyn (Sarooshi ja Cresswell 1994). Mutta samassa kokeessa johtokyvyn nosto arvosta 2,0 mS/cm arvoon 3,0 mS/cm ei suurentanut $^{\circ}\text{Brix}$ -arvoa tai happopitoisuutta.

Tämän kokeen tuloksista ei näy yksittäisten ravinneaineiden vaikutusta $^{\circ}\text{Brix}$ -arvoon tai happopitoisuuteen, ja on mahdotonta sanoa johtuvatko mahdolliset erot yksittäisestä ravinneaineesta vai johtokyvystä. Hunter ja Morgan (1989) huomasivat $^{\circ}\text{Brix}$ -arvon ja happopitoisuuden nousevan kasteluveden nitraattipitoisuuden noustessa arvosta 1,25 mmol/l arvoon 5,0 mmol/l, kun johtokyky pidettiin vakiona 1,4 mS/cm. Mutta korkea, 10 mmol/l nitraattipitoisuus antoi kokeen matalimman $^{\circ}\text{Brix}$ -arvon ja

happopitoisuuden. Avomaalla tippukastelulla tehdyssä ravinnekokeissa typpilannoitus ei vaikuttanut marjan °Brix-arvoon tai happopitoisuuteen (Miner ym. 1997).

N:K-suhteen muutoksen vaikutuksia °Brix- ja happopitoisuustuloksissa ei ollut havaittavissa. Aikaisemmassa tutkimuksessa Caruso ym. (2003) eivät havainneet K:N – suhteen vaikuttavan marjan °Brix-arvoon tai happopitoisuuteen tutkiessaan K:N – suhteita välillä 0,8 – 2,2. Myöskään Miner ym. (1997) eivät havainneet N:K -suhteella tai kaliumlannoituksella olevan vaikutusta °Brix-arvoon tai happopitoisuuteen. Tutkittaessa K-, Ca- ja Mg –kationien yhteisvaikutusta havaittiin korkean, 469 mg/l kaliumpitoisuuden yhdessä matalan, 45 mg/l kalsiumpitoisuuden antavan korkean °Brix-arvon ja happopitoisuuden (López-Galarza ym. 2003). Samassa kokeessa matala, 88 mg/l kaliumpitoisuus yhdessä korkean, 240 mg/l kalsiumpitoisuuden kanssa antoi kokeen matalimmat °Brix-arvot ja happopitoisuudet, mutta kokeessa kationipitoisuuksien aikaansaamat pitoisuuserot olivat hyvin pieniä.

Kalsium on kasvilla huonosti liikkuva ravinne ja vain pieni osa, 7% päätyy marjaan (Lieten ja Misotten 1993). Erilaisten kasteluveden kalsiumpitoisuuksien ei ole huomattu vaikuttavan marjan kalsiumpitoisuuteen (Dunn ja Able 2006). Korkean kalsiumlannoituksen on huomattu laskevan sekä °Brix-arvoa että happopitoisuutta (Dunn ja Able 2006). Myös Raynal Lacroix ym. (2009) havaitsivat yli 120 mg/l kalsiumpitoisuuden kasteluvedessä laskevan marjan happopitoisuutta ja sen takia huonontavan myös marjan laatua. Tosin Dunnin ja Ablen (2006) mielestä kalsiumin aiheuttama happopitoisuuden lasku parantaa marjan laatua. Toisaalta Naradisorn ym. (2006) eivät havainneet kalsiumilla olevan vaikutusta marjan °Brix-arvoon tai happojen määrään testatessaan kasteluveden kalsiumpitoisuuksia välillä 400 – 2000 mg/l. Lehtilannoitteena annetun kalsiumlisän ei ole havaittu vaikuttavan marjan °Brix-arvoon tai happopitoisuuteen (Lanauskas ym. 2006).

Ravinteilla on myös epäsuora vaikutus marjan °Brix-arvoon, koska ravinteet vaikuttavat kasvin kasvuun ja siten yhteyttävään lehtialaan. Lehtiala:sato -suhteen on huomattu korreloivan hyvin marjan °Brix-arvoon suhteen ollessa alle 15 cm/g (Carlen ym. 2007).

6.4.2 Marjan mehun väri

Lajike, kasvuolosuhteet, kauden poiminta ajankohta ja varastointi vaikuttavat marjan väriin (Gill ym. 1997, Hernanz ym. 2008, Nunes ym. 1995, Sacks ja Shaw 1993, Shawn ja Sacks 1995, Wang ja Camp 2000). Lannoituksen ja eri ravinneaineiden vaikutusta marjan väriin tai antosyaanipitoisuuksiin ei ilmeisesti ole tutkittu mansikalla. Korkeiden kasvulämpötilojen on huomattu nopeuttavan mansikan värin kehitystä sekä lisäävän mansikan värin tummuutta ja punaisuutta (Wang ja Camp 2000). Piikkiössä tehdyssä kokeessa ei ollut havaittavissa tummempia marjoja (pieni L^* -arvo) lämpimimpään eli pääsadon aikaan, mutta Malling Opal -lajikkeella oli punaisimmat marjat (suurimmat a^* -arvot) pääsadon aikaan Wangin ja Campin (2000) kokeen mukaisesti. Rondo-lajikkeella punaisuuden kasvua pääsadon aikana ei ollut havaittavissa. Nunes ym. (1995) havainnoivat mansikan värin tummenevan ja värisävyn kasvavan satokauden edetessä. Piikkiössä tehdyssä kokeissa havaittiin myös pääsääntöisesti värisävyn kasvavan kauden edetessä, mutta muutoksia marjan vaaleudessa ei todettu.

Piikkiössä tehdyssä kokeessa oli hyvin pieniä eroja marjan puristemehun värissä, joten mahdollista ravinneaineiden vaikutusta väriin oli erittäin vaikea todeta.

6.4.3 Marjan kiinteys

Marjan kiinteys vähenee huomattavasti kypsymisen aikana (Azodanlou ym. 2004), joten mitattavien marjojen on oltava samassa kypsymisasteessa. Erityisesti pääsadon aikaan Rondo-lajikkeella oli myös ylikypsiä marjoja, jotka pyrittiin seulomaan pois analyysistä. Penetrometrillä mitattaessa penetromerin maksimiarvon on todettu olevan paras kiinteyden mitta (Hietaranta ja Linna 1999). Sekä Malling Opal että Rondo -lajike osoittautuivat suhteellisen pehmeiksi lajikkeiksi kaikissa käsittelyissä. Niiden kiinteys oli samaa luokkaa kuin avomaalla kasvavan Senga Sengana -lajikkeen, jota pidetään pehmeänä lajikkeena (Hietaranta ja Linna 1999). Ainoastaan satokauden lopussa Malling Opal -lajikkeen kiinteys alkoi lähentyä Polka-lajikkeen kiinteyttä.

Selvää lannoitustason tai K:N –suhteen vaikutusta marjan kiinteyteen ei tässä kokeessa havaittu, mutta aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu eri ravinneaineiden vaikutuksia marja kiinteyteen. Lieten (2006) havaitsi matalan kaliumpitoisuuden vähentävän marjan kiinteyttä tutkiessaan kasteluveden K:Ca:Mg suhteiden vaikutusta. Kiinteimmät marjat havaittiin K:Ca:Mg –suhteilla 8:1,5:1 ja 5:0:4. Avomaalla tehdyssä

tihekastelukokeessa kasteluveden kaliumpitoisuus ei vaikuttanut mansikan kiinteyteen (Albregts ym. 1996). Myöskään Miner ym. (1996) eivät havainneet kaliumin vaikuttavan avomaalla tihekastelussa olevien mansikoiden kiinteyteen, mutta samassa kokeessa typpi vähensi marjojen kiinteyttä. Irlannissa tehdyissä kokeissa havaittiin marjojen kiinteyden vähemistä, kun ravinneliuoksen typpi-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet olivat 50 % standardiliuoksen pitoisuuksista (MacNaedhe 2001). Naradisorn ym. (2006) testasivat kalsiumlannoituksen vaikutuksia kasteluveden kalsiumpitoisuuksilla 400 mg/l, 1200 mg/l ja 2000 mg/l. Heidän kokeessa marjat olivat kiinteimmät kalsiumpitoisuudella 2000 mg/l. Naradisorn ym. (2006) totesivat kalsiumin vaikutuksen johtuvan todennäköisesti kasvin kyvystä mobilisoida kalsiumia marjaan ja tässä kyvyssä on suurta vaihtelua lajikkeiden välillä. Myös Dunnin ja Ablen (2006) kokeessa kalsiumi lisäsi hieman marjan kiinteyttä sekä lisäsi säilyvyyttä kasvualustan pitoisuudella 900 ppm verrattuna pitoisuuksiin 300 ja 1800 ppm. Avomaakokeissa on myös huomattu kalsiumnitraatin lisäävän marjan kiinteyttä, mutta lehtilannoitteena annetulla kalsiumilla ei ollut vaikutusta kiinteyteen (Lanauskas ym. 2006).

6.5 Veden otto ja ravinnepäästöt

Taimet ottivat vähemmän vettä korkean johtokyvyn, 2,3 ja 3,0 ms/cm käsittelyissä kuin alimman johtokyvyn käsittelyssä. Näissä käsittelyissä veden ionipitoisuus oli niin korkea, että kasvin osmoosiin perustuva veden otto todennäköisesti häiriintyi, mikä vaikeutti kasvin veden ottoa. Tästä johtuen korkeissa johtokykykäsittelyissä oli myös korkeammat valumavesimäärät. Suuri ravinnepitoisuus yhdistettynä suureen ylivaluntamäärään nosti huomattavasti ylempien käsittelyjen ravinnepäästöjä. Normaalin viljelyn mittakaavassa ravinnepäästöillä olisi taloudellista ja ekologista merkitystä, varsinkin käytettäessä avointa kastelujärjestelmää.

Vastaavanlaisia tuloksia sai myös Lieten (1995) käyttäessään johtokykyä 1,4 mS/cm ja 30 % ylikastelua. Hänen kokeessaan huuhtoutui 41 % annetusta typestä, 46 % fosforista ja 30 % kaliumista. Makroravinteiden huuhtoutuminen oli vähäisempää, noin 1 – 20 %. Makroravinteiden vähäiseen huuhtoutumiseen vaikuttaa todennäköisesti turvekasvualusta, joka pystyy sitomaan ioneja. Lietenin (1995) mukaan valumaveden mukana huuhtoutuu normaalisti 40 – 70 % annetuista ravinneaineista. Tässä kokeessa huuhtoutui noin 60 – 70 % typestä ja 30 – 50 % fosforista.

Lieten (1995) mukaan valumavettä voidaan kierrättää typpi- fosfori- ja kaliumlisäyksen jälkeen. Liiallisen SO_4 kertymistä veteen on tosin syytä tarkkailla. Peralbon ym. (2005) tutkimuksessa kasteluveteen kerääntyi SO_4 lisäksi myös Cl^- ja Na^+ ioneja, mutta ravinnepitoisuuksia säätämällä ylivaluntavesi soveltui kierrätykseen.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Jatkuvasatoinen mansikka suosii matalaa lannoitustasoa. Voimakkain kasvu, suurin sato ja suurimmat marjat saatiin matalimmalla (1,5 mS/cm) testatulla lannoitusveden johtokyvyllä. Sadon alkamisajankohtaan lannoituksella ei ollut vaikutusta. Optimaalinen lannoitustaso on lajikekohtainen ominaisuus. Tässä kokeessa erityisesti Mallin Opal lajike hyötyi matalasta lannoitetasosta. Koska optimaalinen lannoitustaso on mahdollisesti jopa alempi kuin tämän kokeen alin taso, tulisi jatkotutkimuksissa testata alempia lannoitustasoja.

Kasvualustan kohonnut johtokyky vaikeutti taimien veden ottoa erityisesti kuumimpaan keskikesän aikaan, johon pääsato myös ajoittui. Myös vedensaannin varmistamiseksi alempi lannoiteveden johtokyky olisi hyödyksi. Tässä kokeessa taimien veden saanti eri käsittelyissä vaikutti sadon määrään ja kasvuun todennäköisesti enemmän kuin eri käsittelyjen sisältämät ravinneainemäärät. Suuri ravinnehävikki valumavedessä puoltaa myös alempaa lannoitetasoa.

Testatuilla lannoitustasoilla oli hyvin vähän vaikutusta marjan ominaisuuksiin kuten kiinteyteen, väriin sekä sokeri- ja happopitoisuuteen. Myöskään K:N suhteen nosto kypsyämisvaiheessa ei juuri vaikuttanut marjan laatuun.

8 LÄHDELUETTELO

- Acuña-Maldonado, L. & Pritts, P. 2008. Carbon and nitrogen reserves in perennial strawberry affect plant growth and yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 133: 735-742.
- Alavoine, F. & Crochon, M. 1989. Taste quality of strawberry. *Acta Horticulturae* 265: 449-452.
- Albregts, E., Hochmuth, G., Chandler, C., Cornell, J. & Harrison, J. 1996. Potassium fertigation requirements of drip-irrigated strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121: 164-168.
- Albregts, E., Howard, C. & Chandler, C. 1991. Strawberry responses to K rate on a fine sand soil. *Horticultural Science* 26: 135-38.
- Almaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S. & Karapetsas, N. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tulda) in relation to crop yield. *Acta Horticulturae* 567: 447-450.
- Andriolo, J., Jänisch D., Schmitt, O., Vaz, M., Cardoso, F. & Erpen, L. 2009. Nutrient solution concentration on plant growth, fruit yield and quality of strawberry crop. *Ciência Rural Santa Maria* 39: 684-690.
- APASCC - Atlantic Provinces Agricultural Services Coordinating Committee. 2000. Strawberry fertilizer recommendations for the Atlantic provinces. Publication No. ACC 1015.
- Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J., Villettaz, J. & Amadò, R. 2003. Quality assessment of strawberries (*Fragaria* species). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 715-721.
- Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J., Villettaz, J. & Amadò, R. 2004. Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. *European Food Research and Technology* 218: 167-172.
- Cárdenas-Navarro, R., Lopez-Perez, L., Lobit, P., Escalante-Linares, O., Castellanos-Morales, V. & Ruiz-Corro, R. 2004. Diagnosis of N status in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch). *Acta Horticulturae* 654: 257-262.
- Carlen, C. & Ancay, A. 2003. Measurement of the sensory quality of strawberries. *Acta Horticulturae* 604: 353-360.
- Carlen, C., Potel, A. & Ancay, A. 2007. Influence of leaf/fruit ratio of strawberry plants on the sensory quality of their fruits. *Acta Horticulturae* 61: 121-126.
- Carlen, C., Potel, A. & Ancay, A. 2009. Photosynthetic response of strawberry leaves to changing temperatures. *Acta Horticulturae* 838: 73-76.

- Caruso, G. & Villari, G. 2003. Effect of nutritive solution EC and shading on the "fruit" quality of NFT-grown strawberry. *Acta Horticulturae* 614: 719-726.
- Caruso, G., Villari, G. & Impembo, M. 2003. Effect of nutritive solution K:N and shading on the "fruit" quality of NFT-grown strawberry. *Acta Horticulturae* 614: 727-734.
- Caruso, G., Villari, A. & Impembo, M. 2004a. Effects of EC-level and plant shading on *Fragaria vesca* L. grown with the nutrient film technique. *Acta Horticulturae* 648: 55-62.
- Castro, G., Rodríguez-Delfin, A. Hoyos, M. 2005. Marginal mineral nutrition of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) plants grown hydroponically. *Acta Horticulturae* 697: 321-327.
- Choi, J.M. & Latigui, A. 2008. Effect of various magnesium concentrations on the quantity of chlorophyll of 4 varieties of strawberry plants (*Fragaria ananassa* D.) cultivated in inert media. *Journal of Agronomy* 7: 244-250.
- Commission Internationale de l'Eclairage. 1978. Recommendations on uniform color spaces-color difference equations-psychometric color terms. Supplement 2. Publ. 15. Bur. Centrale de la CIE, Paris.
- Daugaard, H. 2007. Leaf analysis in strawberries: effects of cultivar, plant age, and sampling time on nutrient levels. *Journal of Plant Nutrition* 30: 549-556.
- Dunn, J.L. & Able, A.J. 2006. Pre-harvest calcium effects on sensory quality and calcium mobility in strawberry fruit. *Acta Horticulturae* 708: 307-312.
- Fernández, M., Hernanz, D., Toscano, G., Hernández, M., Peralbo, A., Flores, F. & López-Medina, J. 2006. Strawberry Quality in soilless system. *Acta Horticulturae* 708: 409-412.
- Garate, A., Manzanares, M., Ramon, A.M. & Carpena-Ruiz, R.O. 1991. Boron requirements of strawberry (*Fragaria ananassa* L. cv. Douglas) grown in hydroponic culture. *Acta Horticulturae* 287: 207-210.
- Gill, M., Holcroft, D. & Kader, A. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 1662-1667.
- Güler, S., Macit, I., Koç, A. & Ibriki, H. 2006a. Monitoring nitrogen status of organically grown strawberry cultivars by using chlorophyll meter reading. *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 753-757.
- Güler, S., Macit, I., Koç, A. & Ibriki, H. 2006b. Estimating leaf nitrogen status of strawberry by using chlorophyll meter reading. *Journal of Biological Sciences* 6: 1011-1016.
- Hernanz, D., Recamales, A., Meléndez-Martínez, Á., González-Miret, M. & Heredia, F. 2008. Multivariate statistical analysis of the color-anthocyanin relationships in

different soilless-grown strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 2735-2741.

Hietaranta, T. & Linna M. 1999. Penetrometric measurement of strawberry fruit firmness: device testing. *HortTechnology* 9: 103-105.

Hochmuth, G., Albregts, E., Chandler, C., Cornell, J. & Harrison, J. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121: 660-665.

Hoppula, K., Salo, T & Pulkkinen, J. 2004. Marjakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus. Teoksessa: Suojala, T., Hoppula, K., Kankaanhuhta, K., Muuttomaa, E., Outa, P., Peltonen, M., Pulkkinen, J., Tikanmäki, E & Salo, T. (toim.). Puutarhakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus avomaalla. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja Sarja 46. Jokioinen. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s 64-105.

Hunter, R.R. & Morgan, J.V. 1989. Nutrition of strawberries in rockwool. *Acta Horticulturae* 238: 127-134.

Jouquand, C. & Chandler, C. 2008. A sensory and chemical analysis of fresh strawberries over harvest dates and seasons reveals factors that affect eating quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 133: 859-867.

Kallio, H., Hakala, M., Pelkkikangas, A. & Lapveteläinen, A. 2000. Sugars and acids of strawberry varieties. *European Food Research and Technology* 212: 81-85.

Karhu, S., Hietaranta, T., Lindqvist, I., Parikka, P., Tuovinen, T., Hytönen, T., Mouhu, K. & Koskela, E. 2010. MANSIKKAREMONTTI - mansikantuotannon kannattavuuden lisääminen jatkuvasatoisten lajikkeiden avulla. Loppuraportti. MTT Kasvintuotannon tutkimus. Kaarina.

Lanauskas, J., Uselis, N., Valiuškaitė, A. & Viškelis, P. 2006. Effect of foliar and soil applied fertilizers on strawberry healthiness, yield and berry quality. *Agronomy Research* 4: 247-250.

Lieten, F. 1995. Influence of preplant fertilizer on strawberry yields and nutrient leaching from a peat substrate. *Acta Horticulturae* 401: 419-425.

Lieten, F. 1997. Zinc nutrition of strawberries grown on rockwool. *Acta Horticulturae* 450: 215-220.

Lieten, F. 2000. Iron nutrition of strawberries grown in peat bags. *Small Fruits Review* 1: 103-112.

Lieten, F. 2003a. Nutrition of protected strawberries. *The International Fertilizer Society. Proceeding* 528.

Lieten, F. 2003b. Zinc nutrition of strawberries grown on peat bags. *Small Fruits Review* 2: 63-72.

- Lieten, F. & Misotten, C. 1993. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *Acta Horticulturae* 348: 299-306.
- Lieten, P. 2004. Manganese nutrition of strawberries grown on peat. *Acta Horticulturae* 649: 227-230.
- Lieten, P. 2006. Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of 'Elsanta' strawberries grown on peat. *Acta Horticulturae* 708: 397-400.
- Lisjak, M., Stanisavljević, A., Špoljarević, M. & Đurđević, B. 2008. Potassium rate and accompanying anions impact on potassium, calcium and magnesium uptake by strawberries in soilless culture. *Cereal Research Communications* 36: 483-486.
- López-Galarza, S., Maroto, J.V., San Bautista, A., Pascual, B., Alagarda, J. & Bono, M.S. 2001. Productive behaviour of strawberry waiting bed plants in hydroponic cultivation under greenhouse. *Acta Horticulturae* 559: 67-71.
- López-Galarza, S., Escriva, E., San Bautista, A., Pascual, B. & Maroto, J.V. 2003. Effects of cation composition of the nutrient solution on tipburn incidence in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) soilless cultivation. *Acta Horticulturae* 614: 585-589.
- MacKenzie, S. & Chandler, C. 2009. The late season decline in strawberry fruit soluble solid content observed in Florida is caused by rising temperatures. *Acta Horticulturae* 842: 843-846.
- MacNaedhe, F.S. 2001. The effect of nutrition on the flavour of strawberries grown under protection. Loppuraportti 4458. Teagasc the Agriculture and Food Development Authority. Ireland. 21 p. Saatavissa internetistä: <http://www.teagasc.ie/research/reports/horticulture/4458/eopr-4458.asp>
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London. 674 p.
- Martin, I., Alonso, N., López, M., Prieto, M., Cadahia, C. & Eymar, E. 2007. Estimaion of leaf, root and sap nitrogen status of using the SPAD-502 clorophyllmeter for ornamental shrubs. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38: 1785-1803.
- Miner, G., Polling, E., Carroll, D., Nelson, L. & Campbell, C. 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122: 290-295.
- Naradisorn, M., Klieber, A., Sedgley, M., Scott, E. & Able, A.J. 2006. Effect of preharvest calcium application on grey mould development and postharvest quality in strawberries. *Acta Horticulturae* 708: 147-150.
- Ngo, T., Wrolstad, R. & Zhao, Y. 2007. Color quality of Oregon strawberries - impact of genotype, composition and processing. *Journal of Food Science* 72: 25-33.

- Nunes, M., Brecht, J., Morais, A. & Sargent, S. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6: 17-28.
- Papadopoulos, I. 1987. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown strawberries. *Fertilizer Research* 13: 269-276.
- Peralbo, A., Flores, F. & Lopez-Medina, J. 2005. Recirculating nutrient solution in strawberry. *Acta Horticulturae* 697: 101-106.
- Puutarhatilastot 2009, 2010. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.
- Raynal Lacoix C, Abarza, E. & Verpont, F. 2009. Preparation of nutrient solutions in soilless strawberry crops: the issue of water quality. *Acta Horticulturae* 842: 991-994.
- Sacks, E. & Shaw, D. 1993. Color change in fresh strawberry fruit of seven genotypes stored at 0C. *Horticultural Science* 28: 209-210.
- Sarooshi, R.A. & Cresswell, G.C. 1994. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 529-535.
- Shaw, D. & Sacks, E. 1995. Response in genotypic and breeding value to a single generation of divergent selection for fresh fruit color in strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 270-273.
- Skupień, K. & Oszmiański, J. 2004. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) grown in northwest Poland. *European Food Research and Technology* 219: 66-70.
- Spectrum Technologies. 2009. SPAD 502 Chlorophyll meter, product manual. Spectrum Technologies, Inc. East Plainfield, IL USA.
- Taghavi, T.S. & Babalar, M. 2007. The effect of nitrate and plant size on nitrate uptake and in vitro nitrate reductase activity in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* cv. Selva). *Scientia Horticulturae* 112: 393-398.
- Tagliavini, M., Baldi, E., Lucchi, P., Antonelli, M., Sorrenti, G., Baruzzi, G. & Faedi, W. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy* 23: 15-25.
- Tagliavini, M., Baldi, E., Nestby, R., Raynal-Lacroix, C., Lieten, P., Salo, T., Pivot, D., Lucchi, P.L., Baruzzi, G. & Faedi, W. 2004. Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. *Acta Horticulturae* 649: 197-200.
- Verheul, M. & Grimstad, S.O. 2002. Winter production of strawberries in Norway. *Acta Horticulturae* 567: 577-579.

Wang, S. & Camp, M. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 85: 183-199.

9 LIITTEET

LIITE 1. Käytetyt lannoiteaineet ja niiden sisältämät ravinnemäärät.

Ravinneaine	Lannoiteaine		
	Superex T328	CaN-jauhe	MgN-jauhe
N (g/kg)	101	155	110
P (g/kg)	47		
K (g/kg)	305		
Ca (g/kg)	0	190	
Mg (g/kg)	15	2	95
S (g/kg)	21		
Fe (mg/kg)	1910		
Mn (mg/kg)	760		
B (mg/kg)	290		
Zn (mg/kg)	140		
Cu (mg/kg)	70		
Mo (mg/kg)	53		
Co (mg/kg)	10		

LIITE 2. Ravinnepitoisuudet yhdessä litrassa lannoitusvettä eri käsittelyissä sekä kasvuvaiheissa Juha Väre (Kekkilä Oy) lannoitus-suositusten mukaisesti.

Käsittely	Kasvuvaihe	N mg/l	P mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	S mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	B mg/l	Zn mg/l	Cu mg/l	Mo mg/l	Co mg/l	N : K
1,5 mS/cm	Istutuksesta kukintaan	165	28	196	136	23	23	1,1	0,46	0,21	0,14	0,182	0,032	0,006	1:1,2
	Kukinnan aikana	165	31	214	128	24	24	1,3	0,50	0,23	0,15	0,186	0,035	0,007	1:1,3
	Raakileiden kasvu	165	33	230	121	25	25	1,4	0,54	0,25	0,16	0,190	0,038	0,007	1:1,4
	Kypsytminen	160	35	239	111	26	26	1,4	0,56	0,25	0,16	0,192	0,039	0,007	1:1,5
2,3 mS/cm	Istutuksesta kukintaan	263	47	315	210	28	31	1,9	0,75	0,33	0,20	0,209	0,052	0,010	1:1,2
	Kukinnan aikana	258	50	336	195	29	32	2,0	0,81	0,35	0,21	0,214	0,056	0,011	1:1,3
	Raakileiden kasvu	255	53	358	183	30	34	2,2	0,86	0,37	0,22	0,219	0,060	0,011	1:1,4
	Kypsytminen	252	56	376	171	31	35	2,3	0,90	0,39	0,23	0,223	0,063	0,012	1:1,5
3,0 mS/cm	Istutuksesta kukintaan	358	64	431	279	34	39	2,6	1,04	0,44	0,25	0,236	0,073	0,014	1:1,2
	Kukinnan aikana	353	69	461	261	35	41	2,8	1,12	0,47	0,27	0,243	0,078	0,015	1:1,3
	Raakileiden kasvu	349	73	489	246	36	43	3,0	1,19	0,49	0,28	0,249	0,083	0,016	1:1,4
	Kypsytminen	340	77	510	226	37	44	3,1	1,24	0,51	0,29	0,254	0,086	0,016	1:1,5
2,3 mS/cm K	Istutuksesta kukintaan	263	47	315	210	28	31	1,9	0,75	0,33	0,20	0,209	0,052	0,010	1:1,2
	Kukinnan aikana	258	50	336	195	29	32	2,0	0,81	0,35	0,21	0,214	0,056	0,011	1:1,3
	Raakileiden kasvu	255	53	358	183	30	34	2,2	0,86	0,37	0,22	0,219	0,060	0,011	1:1,4
	Kypsytminen	235	71	471	112	35	42	2,9	1,14	0,48	0,27	0,245	0,080	0,015	1:2,0

LIITE 3. Tuholaisten torjuntaan käytettyjen petojen levitysjankohdat vuonna 2008.

Torjuntaeliö	6.6	11.6	19.6	26.6	3.7	10.7	17.7	24.7	31.7	7.8	14.8
Ripsiäispetopunkki (<i>Amblyseius cucumeris</i>)	x	x	x	x	x				x	x	
Kesärikkalude (<i>Orius majusculus</i>)					x	x					
Ansariipetopunkki (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Kalifornian petopunkki (<i>Amblyseius californicus</i>)								x			
Petopunkki (<i>Amblyseius barkeri</i>)							x				
Harsokorento (<i>Chrysoperla carnea</i>)	x										
Jättikirvavainokaien (<i>Aphidius ervi</i>)		x	x	x	x		x			x	